



ISA Lille  
48 Boulevard Vauban  
59046 Lille Cedex



Agri-Obtentions  
Semencier de l'agriculture durable  
Chemin de la petite minière  
78280 Guyancourt

Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur ISA Lille

## Le tritordeum : une alternative aux céréales destinées à l'alimentation humaine

Par Clémence Paque

Promotion ISA 50

Septembre 2017



Source personnelle

*Confidentiel : durée illimitée*

Année académique 2016-2017  
Maitre de stage : Maxime Sergent  
Enseignant référent : Bertrand Vandoorne

## Résumé

Les céréales ont une place prédominante dans l'économie agricole mondiale, européenne et française. Les filières céréalières s'articulent en plusieurs domaines d'activités, allant de la création variétale, la production, la collecte, le stockage, la transformation, la commercialisation et la consommation. Sur le créneau de l'alimentation humaine, le tritordeum, nouvelle espèce de céréale issue d'un croisement entre le blé dur et l'orge, vient enrichir la gamme des espèces déjà en place, en apportant certaines originalités sur les aspects nutritionnels et organoleptiques.

Les filières céréalières sont face à de nombreuses évolutions sur le plan agronomique, technologique et économique. Dans ce contexte, la génétique joue un rôle majeur en sélectionnant des variétés performantes répondant aux enjeux actuels. **Fruit d'un programme de recherche espagnol récent et mis en marché par Agri-Obtentions en France, le tritordeum pourrait être une alternative aux céréales cultivées pour l'alimentation humaine et ainsi répondre aux enjeux des filières céréalières.** Pour répondre à cette problématique, une analyse globale a été réalisée, portant sur l'adaptabilité de la culture en France, la capacité de cette espèce à être panifiable selon les méthodes françaises et la rentabilité pour les différents acteurs de la filière.

**D'un point de vue agronomique et compte tenu de son cycle de développement, le tritordeum peut être cultivé en France, principalement au sud de la Loire avec une meilleure adaptabilité dans le Sud-Ouest et le Sud-Est. Toutefois, le potentiel de rendement s'avère nettement inférieur à celui des blés tendres et blés durs cultivés aujourd'hui en France.** Technologiquement, le tritordeum est panifiable selon la méthode de panification Tradition française. Son adaptabilité vient principalement du caractère extensible de son gluten. La chaîne de valeur construite autour du tritordeum est entièrement contractualisée et a pour objectif de garantir la rentabilité pour chaque acteur.

Les résultats de cette étude constituent une première base de travail pour les différents acteurs de la filière, mais d'autres analyses et plusieurs années d'expériences sont nécessaires afin de maîtriser la culture.

**Mots clés :** filière céréalière, tritordeum, agriculture durable, contractualisation, panification

## Abstract

Cereals have a predominant position in the world, European and French agricultural economy. Cereal chains are structured in several activity sectors from plant breeding, production, collection, transformation, marketing and consumption. In the segment of human food, tritordeum, a new species of cereal coming from a cross between durum wheat and barley, is expanding the range of species already existing with some nutritional and organoleptic specificities.

Cereal sectors face plenty of changes in terms of agronomy, technology and economy. In this context, genetic plays an important role by breeding effective varieties, fitting to the existing issues. Originating from a recent Spanish research program and marketed by Agri-Obtentions in France, tritordeum could be an alternative to cereals grown for human food and thus answer cereal sector's challenges. To answer this problem, a global analysis concerning the adaptability of the plant to be grown in France, the capacity of this specie to fit into the French bread making methods and the economic profitability for all the stakeholder of the chain, has been achieved.

From the agronomic point of view and because of his development cycle, tritordeum can be produced in France, mostly in the south of Loire area with a greater adaptability in the South-West and South-East. However tritordeum yield potential appears drastically lower than soft and durum wheat cultivated nowadays in France. In term of technology, tritordeum fits with the traditional French recipe. This can be explained by the stretch nature of his gluten. The whole tritordeum value chain is contract-based and aims to guarantee cost-efficiency for all the players.

Results from this study form a working base for all the chain's actors. Nevertheless, in order to be more familiar with this plant, more analysis and several years of experience are needed.

**Key words :** cereal chain, tritordeum, sustainable agriculture, contracts, bread making

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Maxime Sergent, mon maître de stage, pour son accompagnement et sa disponibilité tout au long de mon stage et de la rédaction de ce mémoire. Merci pour ses précieux conseils et sa sympathie.

Je remercie Joël Blot, directeur commercial d'Agri-Obtentions pour sa confiance et son accompagnement.

Je souhaite également remercier tous les membres d'Agri-Obtentions que j'ai pu croiser pour leur accueil et leur gentillesse.

Un grand merci à tous les membres d'Agrasys, en particulier Etienne Vassiliadis et Paul Lazzeri, pour leur collaboration et leur partage de connaissances tout au long du projet.

Merci à Bertrand Vandoorne, mon professeur tuteur, qui a su répondre à mes interrogations lors de la réalisation de mon mémoire. Merci à tous les membres de l'ISA pour leur accompagnement et professionnalisme pendant mes cinq années d'étude.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cadre de l'étude.....</b>	<b>2</b>
2.1.1. La recherche, point de départ de l'innovation variétale.....	2
2.1.2. Produire en quantité des semences tracées et de qualité .....	2
2.1.3. Une bonne connaissance des produits pour une bonne mise en marché.....	3
<b>3. Contexte .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Les filières céréalières dans le monde.....</b>	<b>4</b>
3.1.1. Une place prédominante des céréales dans l'économie agricole .....	4
3.1.2. Les filières céréalières françaises à destination de l'alimentation humaine.....	5
<b>3.2. Les filières céréalières bousculées par l'arrivée d'une nouvelle espèce : le tritordeum.....</b>	<b>8</b>
3.2.1. Une nouvelle céréale répondant aux demandes actuelles des consommateurs, de la fourche à la fourchette .....	8
3.2.2. Production et commercialisation du tritordeum.....	13
<b>3.3. Des filières céréalières en constante évolution sur le plan agronomique, technologique et économique .....</b>	<b>13</b>
3.3.1. Les limites des systèmes de culture de plus en plus simplifiés.....	14
3.3.2. Des exigences technologiques imposées par l'industrialisation des processus de transformation	15
3.3.3. Une production agricole française qui doit rester compétitive dans un marché concurrentiel ..	16
<b>4. Problématique .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Matériel &amp; Méthode .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1. Evaluation agronomique.....</b>	<b>19</b>
5.1.1. Expérimentation « variété » .....	19
5.1.2. Expérimentation « itinéraire technique ».....	19
5.1.3. Suivi des parcelles de production.....	21
<b>5.2. Analyse des propriétés physico-chimiques et technologiques.....</b>	<b>21</b>
5.2.1. Analyses physico-chimiques.....	21
5.2.2. Analyses technologiques.....	22
<b>5.3. Analyses statistiques.....</b>	<b>24</b>
5.3.1. ANOVA et modèles .....	24
5.3.2. Vérifications des hypothèses de l'ANOVA .....	24
5.3.3. Test de comparaisons multiples.....	25
<b>5.4. Mise en place de la filière tritordeum.....</b>	<b>25</b>
5.4.1. Identification des acteurs et de leurs attentes .....	25

5.4.2.	Evaluation de la rentabilité de la filière .....	26
<b>6.</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>28</b>
<b>6.1.</b>	<b>Des caractéristiques agronomiques propres au tritordeum .....</b>	<b>28</b>
6.1.1.	Le tritordeum, une espèce précoce et sensible au froid.....	28
6.1.2.	Un rendement inférieur au standard blé français.....	29
6.1.3.	Une espèce plutôt rustique.....	31
<b>6.2.</b>	<b>Un itinéraire technique à adapter.....</b>	<b>32</b>
6.2.1.	Une espèce plus sensible à la verse dans le contexte pédoclimatique français .....	32
6.2.1.	La recherche de nouvelles lignées prometteuses .....	34
6.2.2.	Un grain plus riche en protéine .....	37
<b>6.3.</b>	<b>Le tritordeum, une nouvelle espèce au profil technologique intéressant .....</b>	<b>38</b>
6.3.1.	Comparaison de méthodes de panification .....	38
6.3.2.	Un bon comportement en panification du grain récoltes 2016-2017.....	39
<b>6.4.</b>	<b>L'organisation de la filière tritordeum .....</b>	<b>41</b>
6.4.1.	Une production de semences gérée par Agri-Obtentions.....	41
6.4.2.	Une production de grain entièrement contractualisée et suivie .....	41
6.4.3.	Une collecte normée .....	42
6.4.4.	Un système de commercialisation atypique.....	42
6.4.5.	Une contractualisation jusqu'à la transformation en farine.....	43
<b>6.5.</b>	<b>Structure de coût et marge pour chaque acteur .....</b>	<b>44</b>
6.5.1.	Rémunération et marge brute dégagée par l'agriculteur .....	44
6.5.2.	Produit brut dégagé par les organismes stockeurs.....	48
6.5.3.	Structure de coût et marge obtenue pour les meuniers .....	48
6.5.4.	Rémunération d'Agri-Obtentions, Agrasys et Thierry Hache.....	49
<b>7.</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>50</b>
<b>7.1.</b>	<b>Un positionnement géographique spécifique et un itinéraire technique à adapter .....</b>	<b>50</b>
7.1.1.	Une espèce adaptée pour le sud de la France.....	50
7.1.2.	Une espèce peu gourmande en intrants.....	51
7.1.3.	Des axes de recherche variétale pour améliorer les caractères agronomiques .....	53
<b>7.2.</b>	<b>Applications technologiques : diverses opportunités s'ouvrent au tritordeum.....</b>	<b>53</b>
7.2.1.	Une espèce adaptée à la panification Tradition française.....	53
7.2.2.	Des opportunités en industriel mais plus de contraintes ?.....	54
<b>7.3.</b>	<b>Une chaîne de valeur à optimiser .....</b>	<b>55</b>
<b>7.4.</b>	<b>Quel(s) marché(s) pour le tritordeum ?.....</b>	<b>56</b>
7.4.1.	Un aliment s'inscrivant sur un créneau santé et nutrition .....	56

7.4.2.	Une réponse aux attentes éthiques et qualitatives des consommateurs.....	57
7.4.3.	Le marché des productions agricole dites « durables ».....	57
7.4.4.	La recherche de diversité et de nouveauté .....	58
<b>7.5.</b>	<b>Elaborer une démarche marketing pour faire connaitre le produit .....</b>	<b>58</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>59</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>60</b>
	<b>Liste des annexes .....</b>	<b>65</b>
	<b>Table des figures .....</b>	<b>96</b>
	<b>Table des tableaux .....</b>	<b>97</b>

# 1. Introduction

Depuis toujours, les céréales sont l'un des principaux produits agricoles échangés dans le monde. La France est le premier producteur européen de céréales. En effet, les conditions pédoclimatiques nationales permettent une production en quantité et en qualité (Abécassis et al., 2009).

Les céréales constituent la base de l'alimentation humaine. Le principal débouché du blé tendre destiné à l'alimentation humaine est la panification (Passion Céréales, 2016). D'autres céréales comme le blé dur, et plus marginalement l'épeautre ou le kamut par exemple sont utilisés sous diverses applications pour la consommation humaine (pain, pâtes alimentaires, biscuits, etc.). Sur ce même créneau, une nouvelle espèce de céréale arrive sur le territoire européen : le tritordeum. Cette céréale, issu d'un croisement entre le blé dur et l'orge, apparaît comme de haut niveau nutritionnel. D'après Agrasys (2017b) et Martin et al. (1999), elle se caractérise par un gluten plus digeste, et une teneur élevée en fibres diététiques, antioxydants et acides gras mono insaturés. Sélectionné à Cordoue par des scientifiques espagnols, le tritordeum est résistant au stress thermique et hydrique et aux maladies rencontrées en Espagne.

Aujourd'hui la production agricole, et plus largement les filières céréalières sont face à des évolutions majeures et de nouveaux défis. La notion de filière prend en compte aussi bien la production, mais aussi la création variétale et les diverses étapes de stockage, transformation et commercialisation du grain (Abécassis et Rousset, 2012). La production agricole est confrontée à de nombreux enjeux agronomiques, environnementaux et réglementaires, le tout dans un contexte économique instable. En parallèle, les acteurs de la transformation ont des demandes de plus en plus précises et qualitatives (Arvalis, 2013a). Dans ce contexte changeant, la génétique est un des leviers permettant de répondre aux nouvelles problématiques, notamment agronomiques, environnementales et technologiques. Aujourd'hui, Agri-Obtentions détient les droits de production et de commercialisation des semences et grains de tritordeum sur le territoire français et souhaite faire une analyse technico-économique pour développer de manière viable cette filière.

Dans ce contexte en pleine évolution, et étant donné ses caractéristiques, il semble pertinent d'étudier en quoi le **tritordeum pourrait être une alternative aux céréales destinées à l'alimentation humaine et ainsi répondre aux enjeux des filières céréalières.**

Dans une première partie, les filières céréalières et leurs enjeux seront présentés, ainsi que les caractéristiques du tritordeum. Ces éléments de contexte permettront de comprendre les différents éléments qui ont amené la problématique.

Dans une seconde partie, les différents outils méthodologiques utilisés pour répondre à la problématique posée seront détaillés.

Les résultats agronomiques et technologiques, issus de la stratégie méthodologique seront ensuite exposés et commentés. Une structure de filière et de prix sera proposée.

Enfin, les résultats seront discutés et mis en lumière avec les éléments de contexte dans une quatrième partie. Cette dernière permettra de répondre au problème posé, d'exposer les limites de l'étude mais également de proposer des pistes d'ouverture pour la suite.

Une conclusion fera le bilan du travail réalisé et synthétisera les éléments de réponse apportés à la problématique.

## 2. Cadre de l'étude

Agri-Obtentions est une entreprise semencière privée, filiale de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). Fondée en 1983, l'entreprise a initialement pour mission la mise en marché des innovations variétales issues des programmes de sélection de l'INRA. En effet, l'INRA ne dispose alors pas de structure et de moyens pour mettre en marché ses innovations. Aujourd'hui, bien que certaines espèces restent encore sélectionnées par l'INRA, la majorité des variétés commercialisées par Agri-Obtentions est issue de ses propres programmes de sélection. L'entreprise dispose d'un large portefeuille d'espèces (allant des grandes cultures aux espèces potagères, en passant par les espèces fourragères, fruitières voire même horticoles) compte-tenu de la diversité des espèces travaillées historiquement par l'INRA. En tant que semencier de l'agriculture durable, Agri-Obtentions s'investit aussi sur des espèces faisant l'objet de moins de recherche au niveau national comme les légumineuses (féverole, pois, lentille). Une gamme biologique est également proposée. L'objectif est ainsi de créer et promouvoir des obtentions végétales innovantes et performantes pour répondre aux besoins des filières

L'entreprise est organisée en trois métiers que sont : la recherche, la production, et la mise en marché.

### 2.1.1. La recherche, point de départ de l'innovation variétale

Environ 30% du chiffre d'affaire de la société est investi en recherche. En effet, Agri-Obtentions se donne les moyens d'avoir un programme de recherche performant, basé sur une démarche d'agriculture durable et d'innovation. Les principaux axes de recherche dans la sélection sont la productivité, la qualité, la recherche de régularité dans le rendement, une meilleure efficacité de l'azote, la tolérance aux maladies, ainsi qu'au stress hydrique et à la sécheresse. Pour cela, Agri-Obtentions s'appuie sur ses propres programmes de sélection, mais aussi ceux de l'INRA. L'entreprise a aussi mis en place des partenariats avec des instituts de recherche et des obtenteurs du monde entier.

Agri-Obtentions possède deux plates-formes multi-espèces et deux plates-formes spécialisées pour la sélection (Annexe 1).

### 2.1.2. Produire en quantité des semences tracées et de qualité

La production doit répondre à trois objectifs majeurs que sont :

- la quantité : le principe est d'augmenter les volumes de semences de base (premières générations : G1, G2, G3) afin de mettre à disposition une offre suffisante. Pour satisfaire cette exigence, la production s'appuie sur un réseau d'une centaine d'agriculteurs multiplicateurs sur le territoire français mais aussi à l'international.
- la qualité : ce critère essentiel est jugé selon la pureté et la faculté germinative. Des normes de certification des semences, établies par le SOC (Service Officiel de Contrôle et de Certification des Semences) existent pour garantir cette qualité.
- la traçabilité : pour garantir une semence de bonne qualité, le suivi de chaque étape, des premières générations aux semences commerciales est indispensable.

Pour répondre à ces exigences, Agri-Obtentions possède une usine située à Guyancourt (Annexe 1) équipée de lignes performantes de triage, de traitement et de conditionnement, ainsi qu'un laboratoire de contrôle permettant d'assurer la qualité et la traçabilité des semences.

### 2.1.3. Une bonne connaissance des produits pour une bonne mise en marché

La commercialisation des nouvelles variétés se fait principalement via des licences de production à des établissements semenciers qui assurent la multiplication de semences mères et ainsi la production de semences commerciales qui seront par la suite vendues aux agriculteurs. La mise en marché se base alors sur une bonne connaissance des produits (caractéristiques agronomiques et technologiques, adaptation aux conditions pédoclimatiques) et du marché (besoins des clients, notamment coopératives, négociants, industriels). La mise en marché est assurée par une équipe commerciale où l'on retrouve les métiers de commercial, de développement, de marketing et d'administration des ventes.

Agri-Obtentions s'efforce donc de sélectionner des variétés performantes, apportant aux agriculteurs des bénéfices concrets et des réponses à leurs besoins. L'entreprise défend l'innovation variétale au service de nouveaux systèmes de culture répondant aux enjeux de l'agriculture durable.

### 3. Contexte

#### 3.1. Les filières céréalières dans le monde

Riche d'une diversité d'espèces et de variétés, les céréales jouent un rôle non négligeable dans la ressource alimentaire de la planète puisqu'elles sont à la base de notre alimentation. Par définition, une céréale est une plante, généralement une graminée, cultivée pour ses grains, utilisés pour la nourriture humaine ou animale (Larousse). Afin d'assurer la sécurité alimentaire et les attentes de la population, des filières céréalières se sont organisées. Comme toutes les filières, les filières céréalières s'inscrivent dans un contexte économique, environnemental, sociétal, politique et technique en constante évolution. Ceci crée, entre les différents acteurs, des flux complexes mais nécessaires à considérer pour comprendre l'ensemble de la filière.

##### 3.1.1. Une place prédominante des céréales dans l'économie agricole

###### 3.1.1.1. Les céréales, premier produit échangé au niveau mondial

Au niveau mondial, les céréales sont l'un des premiers produits agricoles échangés que ce soit en valeur et en volume. Les surfaces cultivées en céréales dans le monde représentent 720 millions d'hectares soit plus de 50% des terres arables et près de 15% de la SAU (Surface Agricole Utile) mondiale (Passion Céréales, 2016). Les trois principales espèces cultivées sont le maïs (40%), le blé (29%) et le riz (19%). Selon la FAO (2017), la production mondiale toutes céréales confondues en 2016, était en croissance et atteignait 2 600 millions de tonnes, soit une hausse de +2.6% par rapport à 2015.

###### 3.1.1.2. L'Union européenne, un producteur et un exportateur majeur de céréales

La production de l'Union européenne (UE) (figure 1) toutes céréales confondues couvre 60 millions d'hectares et s'élève à 300 millions de tonnes soit 12% de la production mondiale. Le blé tendre, le maïs et l'orge représentent plus des trois quarts de la production agricole de l'UE.

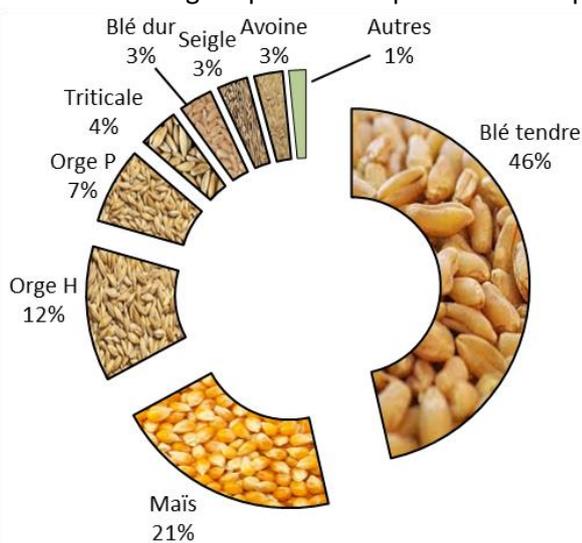


Figure 1 : répartition de la production de céréales en UE en 2016

Source : d'après Eurostat (2016)

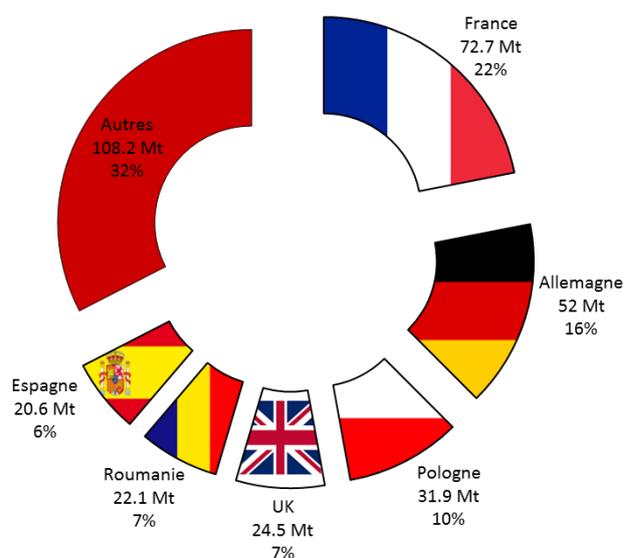


Figure 2 : les principaux producteurs de céréales de l'UE en 2014

Source : d'après Eurostat (2017b)

D'après Eurostat (2017b) et comme l'illustre la figure 2, près de la moitié de la production est assurée par trois pays : la France (22%), l'Allemagne (16%) et la Pologne (10%). Hors de la zone UE des 28, la Turquie est un producteur non négligeable (Tableau 1).

Tableau 1: répartition des surfaces (1000 ha) par espèce et par pays en 2016  
Source : Eurostat (2017b), FranceAgriMer (2016), Kamut International (2009)

	Blé tendre	Maïs grain	Orge hiver	Orge printemps	Blé dur	Triticale	Avoine	Epeautre	Kamut
<b>Monde</b>	725 000	1 000 000	150 000	-	-	-	75 000	-	17
<b>UE</b>	26 994	8 583	5399	6 897	2710	2952	2576	-	-
<b>France</b>	5 550	1 489	1453	420	387	342	86	11.6	-
<b>Allemagne</b>	3 201	416	1267	338	25.30	396	116	-	-
<b>Pologne</b>	2 384	595	139	787	0	1404	478	-	-
<b>Roumanie</b>	2 131	2 552	382	125	5.44	95	151	-	-
<b>UK</b>	123	5	439	683	0	11	141	-	-
<b>Espagne</b>	2 249	357	304	2 265	449	224	501	-	-
<b>Turquie</b>	7 900	680	-	-	1270	35	96	-	-
<b>Italie</b>	1 912	661	229	0	1384	14	92	-	-

### 3.1.1.3. La France, leader de la production de céréales de l'Union Européenne

La France est le premier pays européen producteur de céréales avec plus de 70 millions de tonnes en 2014 et 2015 et 54 millions en 2016. A elle seule, la France produit près d'un quart de la production de céréales de l'UE. Cela représente près de 10 millions d'hectares, soit 40% de la SAU française. Ces surfaces restent stables depuis plusieurs années. Bien que de nombreuses espèces de céréales soient cultivées en France, le blé tendre, le maïs et l'orge couvrent 90% des surfaces et tonnages de céréales produites (Tableau 1).

Près de la moitié de la production française (toutes céréales confondues) est exportée. Une partie des céréales produites (environ 10%) est stockée et autoconsommée à la ferme. Le reste est commercialisé sur le marché national, dont les principaux débouchés sont l'industrie de l'alimentation animale à hauteur de 44% et l'alimentation humaine pour 25%. D'autres débouchés non alimentaires se développent comme la production d'énergie (biocarburants), la chimie verte, la raffinerie du végétal, etc. (Passion Céréales, 2016).

### 3.1.2. Les filières céréalières françaises à destination de l'alimentation humaine

Au sortir de la seconde guerre mondiale, la production de céréales sur le territoire national s'est structurée afin d'assurer l'autosuffisance alimentaire. La France compte quatre principales filières céréalières destinées à l'alimentation humaine (hors malterie et floconerie) : le blé tendre, le blé dur, l'épeautre et le kamut (ou blé Khorasan) (Tableau 2). Ces filières céréalières s'articulent en plusieurs domaines d'activités, allant de la création et sélection variétale, à la production, la collecte et le stockage, les processus de transformation du grain et de la farine, et enfin la distribution et la consommation des différents produits (Abécassis & Rousset, 2012).

**Tableau 2 :** synthèse de l'organisation des quatre principales filières céréalières destinées à l'alimentation humaine (hors malterie et floconerie)

	Création variétale	Production				Collecte et stockage	Transformation	Commercialisation	Consommation
		Mode de production	Rendements moyens France qx/ha (or Kamut)	Taille du marché	Evolution de la production				
<b>Blé tendre</b>	Nouvelle céréale	Principalement conventionnel 5 % des surfaces en bio	71	Culture N°1 en France en surfaces	Surfaces en hausse	Gros volumes	Meunerie : panification	Marché à terme	Marché très large des consommateurs
<b>Blé dur</b>	Nouvelle céréale	Principalement conventionnel	51	Culture N°5 en France en surfaces	Surfaces en baisse	Gros volumes	Semoulerie : pâtes alimentaires, couscous Nouveauté : Mie' Nutie	Marché à terme	-
<b>Epeautre</b>	Céréale ancienne	Principalement biologique	30	Niche	Surfaces en hausse	Petits volumes	Meunerie Semoulerie Grains entiers	Marché à terme (sauf petit épeautre)	Qualité nutritionnelles élevées Gluten plus digeste Consonance locale
<b>Kamut</b>	Céréale ancienne	100% biologique	17	Niche	-	Petits volumes	Meunerie Semoulerie Grains entiers	100% contractualisée	Qualité nutritionnelles élevées Gluten plus digeste

### 3.1.2.1. Entre progrès génétique et variétés anciennes

L'épeautre et le kamut (*Triticum turgidum sp. turanicum*), contrairement au blé tendre et au blé dur, sont deux variétés anciennes de blé (Celnat, n.d.). Un principal cultivar de blé de Khorasan est cultivé, il est contrôlé par la société Kamut International et commercialisé sous la marque Kamut®, déposée en 1990 (Kamut International, Ltd). On trouve aujourd'hui deux espèces d'épeautre : le petit épeautre (*Triticum Monococcum*) ou engrain aujourd'hui cultivé dans les Alpes et en Provence et le grand épeautre (*Triticum Spelta*) cultivé plus récemment depuis le début du siècle en Europe centrale (Bonnemort, 2008). Il existe quelques programmes de sélection en grand épeautre principalement en Allemagne et Pays-Bas. En blé tendre la recherche variétale est beaucoup plus développée. Chaque année, une dizaine de nouvelles variétés de blé tendre sont inscrites (Agri-Obtentions).

### 3.1.2.2. Première céréale nationale versus marché de niche

Le blé tendre, le blé dur et l'épeautre sont trois céréales cultivées en France. Le blé tendre est la première céréale produite sur le territoire national (37.5 Mt) (Eurostat, 2017b). Sur les 5 500 000 hectares cultivés en 2016 (Tableau 1) sur l'ensemble du territoire, à peine 5% sont cultivées en agriculture biologique (Agence BIO, 2016). La production de blé dur représente 2.1% de la production nationale de céréales (1.5 Mt). Le blé dur est principalement cultivé en agriculture conventionnelle, et dans la zone géographique Sud-Loire. Contrairement au blé tendre, les surfaces emblavées en blé dur tendent à diminuer depuis quelques années (FranceAgriMer, 2016). La production de grand épeautre couvre environ 11 600 hectares (Tableau 1), surface qui a doublé depuis 2010 (FranceAgriMer, 2016). C'est une espèce très cultivée en agriculture biologique puisque c'est une céréale dite robuste (Devroey et Van Mol, 1989).

Contrairement aux trois autres espèces, le kamut est produit uniquement en Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) par 120 agriculteurs biologiques sous contrats, sur 17 000 hectares (Kamut International, 2009). En France, la production est donc entièrement importée, ce qui peut engendrer des problèmes de disponibilité. La production sous marque Kamut® garantie une variété de blé non-modifiée, non-hybridée et non-OGM ainsi que la certification d'une production exclusivement biologique de la culture.

### 3.1.2.3. Collecte et stockage doivent s'adapter aux volumes

Quelle que soit l'espèce cultivée, le stockage doit être adapté aux volumes produits afin d'éviter des surcoûts liés au stockage. Pour les productions biologiques, les lieux de stockage doivent être certifiés bio.

### 3.1.2.4. Des débouchés du grain très variés

Sur le marché national, la meunerie représente la principale transformation du blé tendre destiné à l'alimentation humaine. La principale destination des farines sur le marché français est la panification à hauteur de 60% (Association Nationale de la Meunerie Française (ANMF), 2015). La deuxième destination en aval de la filière meunerie sur le marché français est l'industrie agroalimentaire (biscuiterie, biscotterie, etc.). Chaque année, environ 29% de la production de farine de blé tendre est utilisée pour produire biscuits et gâteaux (Association Nationale de la Meunerie Française (ANMF), 2015).

Le blé dur est la seule céréale quasi exclusivement utilisée en alimentation humaine en France. Contrairement au blé tendre, la destination des grains de blé dur est la semoulerie dont la principale

destination est la production de pâtes alimentaire et couscous (Passion Céréales, 2016). Depuis 2012, un pain à base de farine 100% blé dur a été mis au point. Comme l'explique un article déposé par Les nouvelles de la boulangerie pâtisserie (2012), cette innovation représente un véritable défi technologique relevé par des boulangers du Languedoc-Roussillon. En effet, l'amande du blé dur étant très solide, elle n'est pas adaptée au broyage et à la transformation en farine. La Mie'Nutie est donc une baguette régionale 100% blé dur, dont la farine est brevetée. Ce projet met en évidence la volonté des acteurs de la filière à se différencier et innover afin de rester compétitif (Les moulins pyrénéens, n.d.).

Les applications à base d'épeautre et de kamut sont diverses : pâtes, biscuits, pâtisseries, grain non transformé, etc., bien que le pain reste le principal débouché (Bonnemort, 2008).

### 3.1.2.5. Une organisation commerciale variable selon les filières

L'organisation commerciale de la filière kamut est 100% contractualisée (Kamut International, Ltd). Concernant le petit épeautre, depuis 2003, il existe en France une Indication Géographique Protégée (IGP) « Petit Epeautre de Haute Provence » sur une cinquantaine d'hectares (Bonnemort, 2008). La commercialisation du blé tendre et blé dur est dépendante du marché agricole mondial dont les cours sont très fluctuants (La dépêche - le petit meunier, 2017).

### 3.1.2.6. Des consommateurs cible différents

Comme l'expliquent Devroeyet Van Mol (1989), depuis les années 1980, l'épeautre est de nouveau en vogue, notamment pour ses propriétés nutritionnelles et diététiques ainsi que sa consonance locale. Tout comme le blé de Khorasan, c'est une céréale très riche en protéines, micronutriments (dont antioxydants), minéraux et oligo-éléments (magnésium, zinc, fer, etc.). Les deux céréales contiennent du gluten, cependant, l'épeautre présente un gluten plus souple et plus digeste (Celnat, n.d.). De plus, certaines personnes sensibles au gluten des blés semblent tolérantes au Kamut. Des recherches pour comprendre ce phénomène sont en cours (Kamut International, Ltd).

En parallèle de ces espèces déjà ancrées dans le paysage des filières céréalières, le tritordeum, une nouvelle céréale arrive sur le marché français et européen.

## 3.2. Les filières céréalières bousculées par l'arrivée d'une nouvelle espèce : le tritordeum

### 3.2.1. Une nouvelle céréale répondant aux demandes actuelles des consommateurs, de la fourche à la fourchette

Le tritordeum est une nouvelle espèce de céréale, issue d'une hybridation naturelle entre un blé dur (*Triticum durum*) et une orge sauvage originaire du Chili et d'Argentine (*Hordeum chilense*) (Martin et al., 1999).

#### 3.2.1.1. Les caractéristiques génétiques : un croisement novateur entre deux espèces

Créé en 1977, le tritordeum est le fruit de 30 ans de travaux menés par des scientifiques espagnols de l'Institut de l'Agriculture Durable (IAD) et du Conseil Supérieur des Recherches Scientifiques (CSCI) de Cordoue (Agrasys, n.d.). Comme l'explique Agrasys, la sélection repose sur une méthode traditionnelle de croisement au champ, sans modification génétique, méthode qui donna naissance aux blés il y a plus de 10 000 ans. Le croisement d'espèces éloignées par hybridation est utilisé par

l'Homme depuis toujours pour créer de nouvelles espèces et accroître la variabilité génétique des cultures existantes (Martin & Alvarez, 1999). Comme le triticale, dont le premier croisement date de 1876, le tritordeum est une nouvelle céréale issue d'une hybridation provoquée par l'Homme. Comme le montre la Figure 3 c'est une plante hexaploïde (diploïdie de l'orge et tétraploïdie du blé dur). Le tritordeum est enregistré au CPVO (Community Plant Variety Office) de l'Union Européenne et dispose d'une protection.

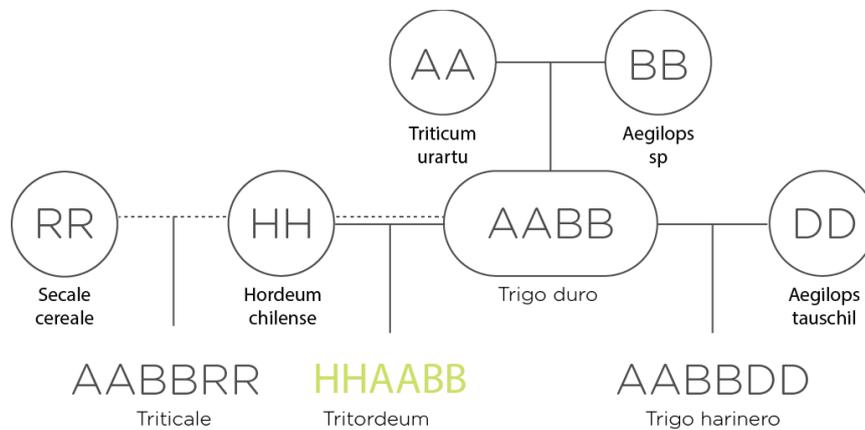


Figure 3 : croisement à l'origine du tritordeum

Source : Agrasys

### 3.2.1.2. Les atouts agronomiques : une rusticité démontrée sur le territoire espagnol

D'après les premières années d'expérience sur le territoire espagnol, le tritordeum est une céréale possédant de nombreux atouts agronomiques. Il possède une bonne résistance aux principales maladies et aux pathogènes présents dans ce pays. De plus, comme le décrivent Martin et al. (1999), le tritordeum, de par son activité stomacale, est peu sensible au stress hydrique. Il convient donc au climat méditerranéen, chaud et sec. Ces mêmes auteurs montrent que le tritordeum est capable d'accumuler, pour un même rendement, plus de protéines qu'un blé tendre. Pour ce qui est de la productivité, en Espagne les rendements semblent similaires aux rendements nationaux du blé dur, ce qui permet une bonne valeur ajoutée pour l'agriculteur (Agrasys, n.d.). Etant donné sa robustesse, le tritordeum nécessite de faibles besoins en eau et en intrants (fertilisants, produits phytosanitaires), permettant d'une part d'optimiser les coûts de production et d'autre part de s'engager dans des pratiques plus durables en l'intégrant dans des filières d'agriculture biologique.

### 3.2.1.3. Les qualités technologiques et organoleptiques : un large éventail de produit avec la garantie de nouvelles saveurs

Le tritordeum est destiné à la consommation humaine. Il se caractérise par de bonnes qualités organoleptiques, des arômes agréables, ainsi qu'une couleur jaune très marquée (Agrasys, n.d.). Il permet la fabrication de nombreux produits allant du pain, aux pâtes en passant par des viennoiseries voire des biscuits. D'après Martin et al. (1999), les qualités viscoélastiques de la pâte à base de farine de tritordeum sont équivalentes à celles d'un blé tendre panifiable de qualité intermédiaire cultivé en Espagne. La farine de tritordeum semble plutôt extensible et peu élastique (Harinera Roca, 2012).

### 3.2.1.4. Les bienfaits nutritionnels : un aliment santé alliant haute digestibilité, source de fibres et propriétés anti-oxydantes

#### Un gluten moins complexe pour une meilleure digestibilité

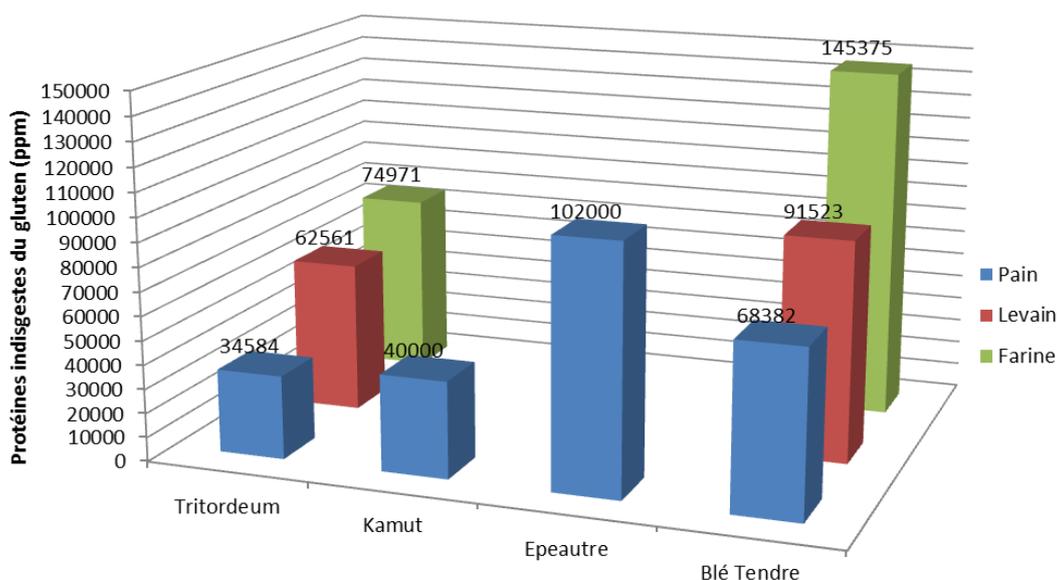
En comparaison au blé, le gluten présent est moins « complexe ». Le gluten désigne un ensemble de protéines insolubles (gliadines et gluténines), présentes dans le grain de nombreuses céréales, à l'exception du riz, du sorgho et du maïs (Mansueto et al., 2014). Lors de l'hydratation, ces protéines s'organisent en réseau pour former le gluten (FFAS, 2016). Sur le plan technologique, le gluten est indispensable dans le processus de panification. Il contribue notamment au gonflement de la pâte, au moelleux, à l'élasticité, au volume du pain, etc. (FFAS, 2016). Le pain constitue la première source de gluten de l'alimentation des français. Le gluten est l'une des protéines végétales indispensable à la santé humaine les plus consommée. La consommation moyenne de gluten par jour et par personne est de 10 à 20 g en Europe (Mansueto et al., 2014).

Dans les produits issus de grains de tritordeum, la teneur en gliadines est 23% plus faible que dans le blé (Tableau 3). Comme l'illustre la Figure 4 résultant d'analyses réalisées avec la méthode de dosage du Codex Alimentarius (ELISA-R5), méthode de référence pour l'analyse du gluten, la comparaison entre différents produits issus de tritordeum et de blé tendre révèle une réduction de 50% de protéines indigestibles du gluten dans le pain et farine de tritordeum et une réduction de 30% dans le levain par rapport au blé tendre. On parle alors de meilleure digestibilité.

**Tableau 3 :** Comparaison du taux de gluten ( $\mu\text{g}$ ) entre la farine de blé tendre et de tritordeum

Source : adapté d'Agrasys (2017)

	$\mu\text{g}/\text{mg}$ de farine	
	Tritordeum	Blé tendre
<b>Gliadines</b>	57,50	75,25
<b>Gluténines</b>	18,19	21,58
<b>Gluten total</b>	75,69	96,83



**Figure 4 :** comparaison du taux de protéines indigestes du gluten (ppm) entre différents produits de tritordeum et de blé

Source : adapté d'Agrasys (2017a)

Le gluten est aujourd'hui au cœur des préoccupations des régimes alimentaires. Dans la plupart des cas, la consommation de produits contenant du gluten est sans danger et ne pose aucun problème de santé (FFAS, 2016). Cependant, il existe certaines pathologies liées au gluten (Lundin, 2014) (Tableau 4).

**Tableau 4 :** Comparaison des principales pathologies liées au gluten

Sources : Brouns et al. (2015), Mansueto et al. (2014), Sapone et al. (2012), Aziz et al. (2014), Joly (2013), Lundin (2014), FFAS (2016).

	<b>Maladie cœliaque</b>	<b>Allergie au blé</b>	<b>Hypersensibilité au gluten</b>
<b>Mode d'action</b>	Réaction auto-immune Réaction immunologique : activation anticorps anti-transglutaminase (tTG)	Réaction allergique	Non connue Absence d'anticorps anti-tTG
<b>Prévalence</b>	1% en Europe	0.3-1% en Europe	Pas d'estimation fiable : 6 – 13% ?
<b>Symptômes</b>	Troubles digestifs (douleurs abdominales, diarrhées, etc.) ou extradiigestifs (fatigue, douleurs, ostéoporose, etc.)	Dermatite atopique, urticaire, œdème, asthme, douleurs abdominales, nausées, ballonnements, diarrhée, etc.	Troubles digestifs (douleurs abdominales, ballonnements, diarrhées, etc.) ou extradiigestifs (fatigue, douleurs articulaires et musculaires, eczéma, etc.)
<b>Régime alimentaire</b>	Sans gluten strict	Sans blé strict	Réduit en gluten ?

L'intolérance au gluten ou maladie cœliaque (MC), se développe chez des personnes génétiquement prédisposées (Joly, 2013), avec activation de marqueurs biologiques (Tableau 4). Les gliadines sont identifiées comme protéines indigestibles du gluten et responsables de la maladie cœliaque (Mansueto et al., 2014). La MC se manifeste par une inflammation et une augmentation de la perméabilité de la muqueuse de l'intestin grêle, une mauvaise absorption des nutriments et une atrophie de la villosité intestinale (Mansueto et al. 2014). C'est la seule maladie nécessitant un régime strict sans gluten à vie. Cependant ce régime est très contraignant, parfois difficile à suivre et peut entraîner des risques de déséquilibre nutritionnel (Lundin, 2014) (Joly, 2013).

L'allergie au blé est une réaction anaphylactique sévère au gluten, caractérisée par la présence d'immunoglobuline E agissant contre certains composants du blé (Lundin, 2014) (Tableau 4).

La part de la population touchée par l'hypersensibilité non cœliaque au gluten est difficile à estimer. Contrairement à l'intolérance au gluten, rien ne prouve aujourd'hui qu'un régime sans gluten soit bénéfique ou au contraire négatif pour la santé des non cœliaques (Lundin, 2014). Par ailleurs, de nombreuses études cherchent à montrer si ces symptômes sont causés exclusivement par le gluten ou également par d'autres composants des céréales comme les « FODMAPS » (Fermentable, Oligo, Di, Monosaccharides And Polyols) (Nijeboer et al., 2013).

Outre ces maladies, 4 à 26% de la population (FFAS, 2016) appliquent une exclusion volontaire sans justification ni diagnostic médical du gluten. D'après Nijeboer et al. (2013), 20% de la population américaine achète régulièrement des produits sans gluten. Cet ordre de grandeur est bien plus élevé que la part actuelle de malades cœliaques. Cette évolution est-elle liée à un phénomène de mode ou à la réalité ? Quoi qu'il en soit les médias jouent un rôle non négligeable dans la communication liée

aux effets négatifs du gluten et du blé sur la santé humaine pouvant expliquer la mode des courants alimentaires « sans » (Campagnes et environnement, 2017) (Brouns et al., 2015).

### Une teneur en fibres élevée

Comme le montre le Tableau 5, le tritordeum contient 10% de fibres diététiques en plus que le blé. Ces dernières sont des hydrates de carbone bénéfiques pour la santé cardio-vasculaire et le transit intestinal (Kendall et al., 2010). Ces fibres diététiques sont principalement de type arabinosylane et fructane (Rakha et al., 2012), permettant l'équilibre de la flore intestinale et renforçant le système immunitaire. Les arabinosylanes possèdent également des propriétés technologiques influençant les processus de transformation du grain (Erlandsson, 2010).

Tableau 5 : comparaison du taux de fibres diététiques entre le grain de blé tendre et de tritordeum (% ms)

Source : adapté de Erlandsson (2010)

	% ms grain	
	Tritordeum	Blé tendre
<b>Fibres diététiques totales</b>	14.30	12.80
<b>Fructanes</b>	1.90	0.80
<b>Arabinosylane</b>	7.2	6.0

### Un profil d'acide gras de meilleure qualité

Comme l'illustre la Figure 5, le tritordeum offre une teneur réduite en acides gras saturés, nocifs pour la santé et notamment la santé cardiovasculaire (Bruckert, 2001). En revanche, le taux d'acide gras mono insaturés est plus élevé dans le tritordeum que dans le blé tendre (+7.2 points). Ce sont principalement des acides oléiques, principaux acides gras présents dans les régimes méditerranéens. Comme démontré par Bruckert (2001) la consommation d'acides gras mono-insaturés réduit le risque de pathologie cardiovasculaire.

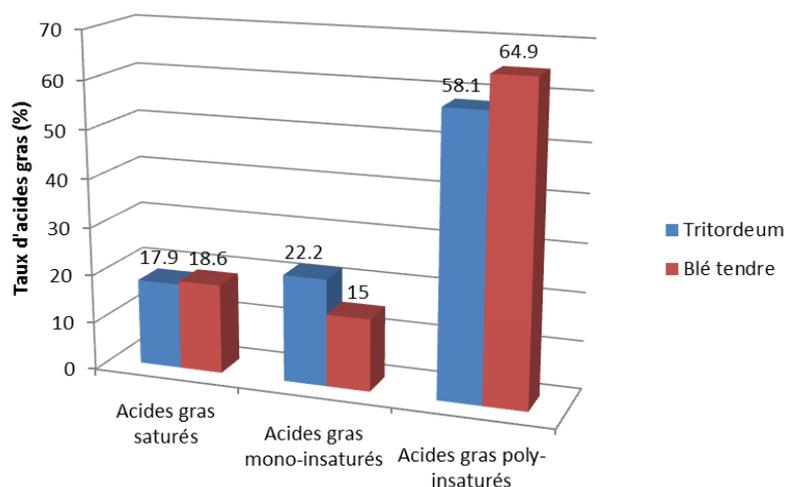


Figure 5 : comparaison de la teneur en acide gras (%) dans la farine intégrale bio moulu sur pierre de blé tendre et de tritordeum

Source : adapté d'Agrasys (2017a)

### Une teneur en lutéines bien supérieure au blé

La farine de tritordeum contient dix fois plus de lutéines que celle de blé tendre. Le pain en contient jusqu'à cinq fois plus et sept fois plus qu'un blé dur (Atienza et al., 2007) (Tableau 6). La lutéine est le principal caroténoïde présent dans les céréales (Atienza et al., 2007). Cet antioxydant est bénéfique

pour la santé oculaire (Fraser et Bramley, 2004) et confère une couleur jaune aux produits grâce à ses pigments.

Tableau 6 : comparaison de la teneur en lutéine du pain et de la farine de tritordeum et de blé tendre  
Source : adapté de CSIC (2011)

	µg/100g de produit	
	Tritordeum	Blé tendre
<b>Lutéines totales dans la farine</b>	485	34
<b>Lutéines totales dans le pain</b>	355	55,66

### 3.2.2. Production et commercialisation du tritordeum

Le tritordeum est commercialisé depuis 2013 par Agrasys, un spin off du Conseil Supérieur des Recherches Scientifiques, qui détient les droits exclusifs de commercialisation de la céréale. Pour chaque pays, un organisme détient une licence pour la production et la commercialisation du grain et de la farine de tritordeum au niveau national. Un accord a été signé en 2015 entre Agri-Obtentions et Agrasys pour le marché français. Aujourd'hui, le tritordeum est cultivé en Espagne depuis 2014, en Italie depuis 2014 et en Turquie depuis 2016 (Tableau 7). La production de tritordeum en France a débuté en 2016 avec 40 hectares de production de semences principalement. Pour la récolte 2017, 80 hectares sont implantés pour la production de grains en agriculture biologique et en conventionnel et 20ha pour la production de semence. D'autres pays comme l'Allemagne, la Suisse ou la Hollande utilisent de la farine issue de grain produit en Espagne.

Tableau 7 : état des lieux de la production de tritordeum récolte 2017  
Source : Agrasys (2017b)

	Surfaces (ha)	
	Conventionnel	Biologique
<b>Espagne</b>	87	341
<b>Italie</b>	345	55
<b>Turquie</b>	182	0
<b>France</b>	40	46
<b>TOTAL</b>	654	442

Le développement de la filière tritordeum est basé sur une contractualisation entre chaque domaine d'activité, de la production, la collecte et le stockage, à la commercialisation et à la transformation du grain. L'objectif est d'une part, de garantir la traçabilité de la filière et d'autre part d'assurer un niveau de rémunération pour chaque maillon de la filière.

Le tritordeum est une céréale, qui pour se développer, doit répondre aux besoins du marché français. En effet, introduire une nouvelle céréale nécessite de prendre en compte les enjeux et évolutions qui s'appliquent aux filières céréalières existantes, afin de rendre son développement pertinent et viable.

### 3.3. Des filières céréalières en constante évolution sur le plan agronomique, technologique et économique

La production agricole doit faire face aux impacts du changement climatique et s'adapter aux contraintes réglementaires pour la préservation de l'environnement. Les filières céréalières doivent

aussi répondre aux nouvelles attentes des industriels et affronter une concurrence de plus en plus forte sur le marché mondial (Abécassis et al., 2009).

### 3.3.1. Les limites des systèmes de culture de plus en plus simplifiés

#### 3.3.1.1. Les limites de l'agriculture intensive

Après la seconde guerre mondiale et grâce à la Politique Agricole Commune (PAC), l'agriculture européenne s'est reconstruite et a vu sa capacité d'investissement et de production accroître jusqu'à atteindre l'autosuffisance et l'exportation. Entre 1955 et 2000, grâce à la modernisation et la performance de l'agriculture française et aux excellentes conditions pédoclimatiques du pays, les rendements en céréales ont pu être multipliés par trois (Eurostat, 2017a). En effet, la production de céréales a connu une intensification massive notamment grâce à l'utilisation importante d'engrais, de produits phytosanitaires, etc. (Abécassis et al., 2009). Cependant, cette phase a engendré un excédent de production, suivi d'une diminution des prix et d'une volatilité accrue. Aujourd'hui la production est rendue plus difficile compte tenu des évolutions climatiques, réglementaires et techniques.

La simplification des rotations par exemple, n'est pas sans impacter les propriétés de la faune, de la flore et du sol et donc les potentiels de rendement. Le progrès technique a permis de faire de la monoculture ou encore de s'affranchir du rôle des légumineuses. Mais aujourd'hui, certains systèmes se trouvent dans des impasses techniques. Par exemple, dans les zones spécialisées en grandes cultures, les sols s'appauvrissent en matières organiques, engendrant ainsi des problèmes de battance, d'érosion et la résistance des bioagresseurs aux produits phytosanitaires (Bakker, 2015). Cette simplification peut expliquer en partie la stagnation du rendement du blé tendre, qui est passé de +1.2qx/ha/an dans les années 50 à +0.8 qx/ha/an aujourd'hui, avec de fortes variations. D'autres facteurs expliquent ce phénomène, notamment l'augmentation des aléas climatiques.

#### 3.3.1.2. Des aléas climatiques de plus en plus fréquents

La France, comme le reste du monde, est soumise aux changements climatiques. D'après le GIEC (2014), d'ici à 2100, l'évolution de la température moyenne à la surface du globe par rapport à 2005 pourrait augmenter de 1.8°C à 4° selon les modélisations. Les filières agricoles sont particulièrement impactées puisque le climat est un des facteurs déterminant mais non maîtrisable de la production. Les « symptômes » de ces changements climatiques se font de plus en plus ressentir et conduisent à des événements climatiques extrêmes comme des hausses de température et donc les hausses de besoins en eau par exemple (Abécassis et al., 2009). Compte tenu des changements climatiques, la disponibilité en eau risque d'être modifiée, se traduisant par des sécheresses plus fréquentes, des changements dans la répartition géographique et temporelle des pluies et des températures moyennes globalement plus élevées (Abécassis et al., 2009). Selon certaines simulations, les conséquences de ces changements climatiques sur les productions céréalières seraient des cycles des cultures raccourcis, donc des récoltes plus précoces, des risques de variabilité voire de perte de production notamment liées à une moins bonne assimilation de l'azote, des phénomènes d'échaudage (mauvais remplissage des grains) plus fréquents, etc. (Passion céréales et al., 2010). En réponse aux changements climatiques, la réglementation évolue, notamment en matière d'irrigation et de gestion de l'eau.

### 3.3.1.3. Un système réglementaire en faveur de la préservation de l'environnement

La gestion de la ressource en eau concerne aussi les pollutions aux nitrates. Dans ce cadre, la « directive nitrates » adoptée depuis 1991 impose une modification de certaines pratiques aux agriculteurs afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole, limiter l'eutrophisation et prévenir l'extension de ces pollutions (Chambres d'agriculture France, n.d.). Cette directive a imposé une mise en place de pratiques telles qu'un suivi de la qualité des eaux, la définition de zones dites vulnérables aux nitrates et la mise en place de « bonnes pratiques ».

Depuis plusieurs années, les agriculteurs doivent faire face à une diminution des matières actives autorisées. D'après Passion céréales et al. (2010), entre 1990 et 2004, le nombre de substances actives autorisées en Europe est passé de 800 à 489 et on peut s'attendre à une réduction continue de celles-ci dans les années à venir. De ce fait, il devient plus difficile de lutter chimiquement contre certains bioagresseurs. De plus des phénomènes de résistance aux produits les plus couramment utilisés apparaissent (Abécassis et al., 2009). La lutte phytosanitaire est donc de moins en moins efficace, ce qui peut altérer considérablement les potentiels de rendements.

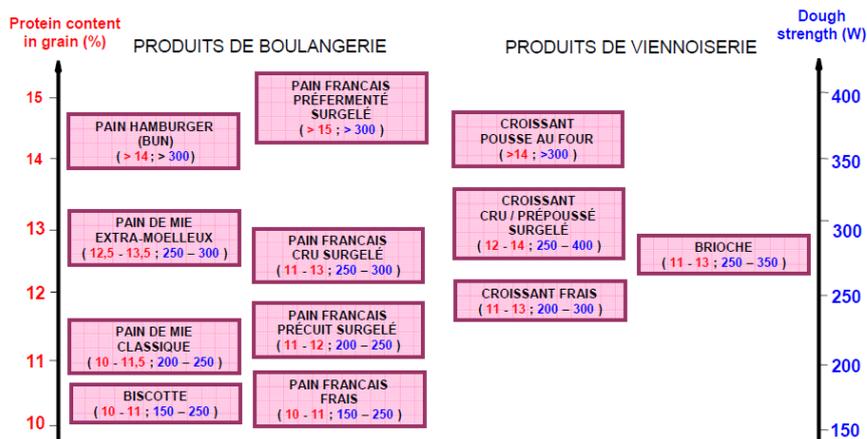
Il faut repenser les systèmes de production et proposer de nouvelles pratiques et outils. Il s'agit d'anticiper et de s'adapter à ces changements afin de pérenniser les filières agricoles.

### 3.3.2. Des exigences technologiques imposées par l'industrialisation des processus de transformation

Bien que la boulangerie française artisanale reste encore aujourd'hui le principal débouché de la farine (de blé tendre notamment), la destination des farines pour la boulangerie artisanale tend à régresser au profit de la boulangerie industrielle. Comme démontré par le GIRA (2014), en 2013, 33% des farines étaient destinées à la boulangerie industrielle contre 24% en 2003. L'industrie est désormais omniprésente. Celle-ci a imposé ses normes pour répondre à un processus automatisé et standardisé.

Les standards de qualité attendus pour les farines destinées à la boulangerie industrielle sont supérieurs aux standards du pain français frais (Figure 6). Pour répondre aux exigences imposées par les technologies différées de panification (mécanisation de la panification, surgélation, etc.), l'industrie a besoin de matières premières résistantes à ces processus et donc des teneurs en protéines plus élevées (Arvalis, 2013a). Les protéines ont certes des propriétés nutritionnelles mais également technologiques. En effet, elles confèrent à la pâte des propriétés bien spécifiques. Lors du pétrissage, les protéines s'organisent en réseau appelé gluten, qui donne l'« ossature » de la pâte. Ensuite pendant la fermentation, le gluten est indispensable à la rétention des gaz produits et enfin au cours de la cuisson, le rôle des protéines va être de fixer la structure du pain (Meleard, 2015). La teneur en protéines du blé tendre varie selon les conditions pédo-climatiques, les variétés cultivées et les pratiques culturales. Désormais, pour certains types de produits industriels tels que les pains à hamburger ou encore le pain pré fermenté surgelé, le seuil minimum est de 14 voire 15% de matière sèche (figure 6). C'est pourquoi la teneur en protéine rentre dans les normes de commercialisation des blés français.

Corrélée à la protéine, la valeur boulangère ou W correspond à la « force » du gluten. La valeur boulangère doit être plus élevée en panification industrielle puisque la contrainte appliquée à la pâte est beaucoup plus forte que pour une panification artisanale. En moyenne les exigences requises en termes de W pour un pain cru frais sont de 150 à 250 contre 250 à 300 pour le même type de pain surgelé. Entre un croissant frais et un croissant surgelé par exemple, la force boulangère passe de 200-300 à 250-400 (Arvalis, 2013a).



NB : Les valeurs présentées sont indicatives et sont soumises à variations selon les industriels.

Figure 6 : grille de teneur en protéines et de force boulangère pour différentes utilisations de farine  
Source : Agri-Obtentions

### 3.3.3. Une production agricole française qui doit rester compétitive dans un marché concurrentiel

Les prix des céréales sont aujourd’hui basés sur l’offre et la demande sur le marché international. Ceux-ci varient fortement entre les années et au cours d’une campagne (Figure 7).

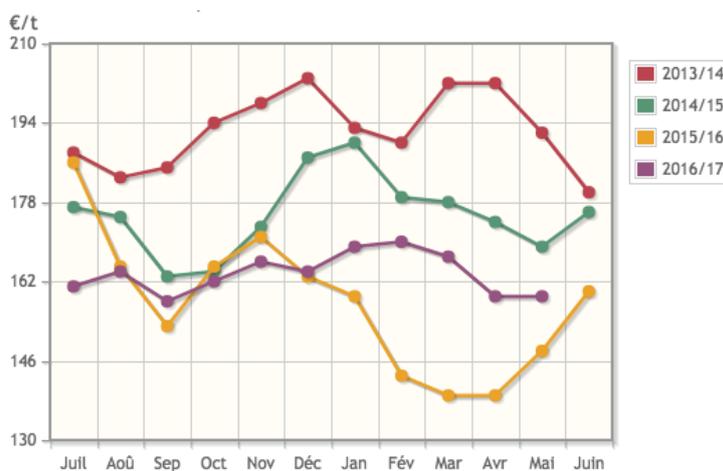


Figure 7 : évolution pluriannuelle du cours du blé tendre (rendu Rouen)  
Source : La dépêche - le petit meunier, 2017

Or le prix des matières premières conditionne la rentabilité économique des exploitations agricoles. Les professionnels du secteur cherchent alors à sécuriser leurs revenus. Deux leviers peuvent agir sur cette rentabilité : une réduction des coûts de production ou une augmentation de la valeur produite. La baisse des coûts de production passe généralement par une simplification des pratiques culturales. On observe depuis de nombreuses années une augmentation des techniques de cultures simplifiées ou raisonnées (Abécassis et al., 2009). Entre 1990 et 2008, la consommation de fertilisants a baissé de 35% et entre 2001 et 2008, les volumes de produits phytosanitaires vendus ont diminué de 21 % (Passion céréales et al., 2010).

A l’opposé, la diversification des cultures et l’intégration de cultures à valeur ajoutée est un autre levier pour augmenter la rentabilité des exploitations. Ces cultures étant généralement contractualisées, elles apportent un prix garanti sous réserve de respecter les exigences de qualité du

contrat. De plus en plus d'agriculteurs choisissent des filières dites de « qualité ». C'est le cas de la production de blé améliorant ou de force (BAF) qui a augmenté de 3% entre 2015 et 2016 (FranceAgriMer, 2017) pour la fabrication par exemple de buns pour Mc Donald. En plus d'apporter d'avantage de sécurité à l'agriculteur, ces filières contractualisées répondent aux attentes des industriels et rassurent les consommateurs.

L'agriculture biologique est un exemple de système qui combine réduction des coûts de production et valeur ajoutée, compte tenu d'un prix de vente bien supérieur au marché conventionnel. Ce mode de production est en pleine croissance, en réponse à une demande forte des consommateurs. 267 000 hectares de céréales sont aujourd'hui cultivés en agriculture biologique, dont 57 600 en conversion en 2016, soit 2,8% des surfaces céréalières françaises (Agence BIO, 2016) .

Dans ce contexte agronomique, technologique et économique, la génétique joue un rôle majeur. Les enjeux sont de sélectionner des variétés et/ou espèces, répondant à des critères agronomiques pour l'agriculteur tels que le rendement, la résistance aux maladies et ravageurs, à des critères nutritionnels, sanitaires et technologiques pour les acteurs de la transformation (Passion céréales, 2017). Cette adaptation est vitale pour maintenir la pérennité des filières céréalières.

## 4. Problématique

Aujourd'hui les filières céréalières sont face à un contexte en pleine évolution. En réponse aux attentes des différents acteurs de la filière, il est pertinent d'étudier en quoi **le tritordeum pourrait être une alternative aux céréales destinées à l'alimentation humaine et ainsi répondre aux enjeux des filières céréalières**. Cette problématique soulève différentes questions essentielles qui devront être abordées.

Comme énoncé précédemment, la production agricole française est face à de nombreux enjeux. Ceci amène à se poser la question suivante : **le tritordeum peut-il répondre aux contraintes agro-environnementales françaises (contraintes pédoclimatiques, réduction des intrants, adaptabilité à l'agriculture biologique, etc.) et s'intégrer dans une démarche d'agriculture durable ?** Les objectifs sont d'acquérir des connaissances agronomiques sur la culture du tritordeum dans les conditions pédoclimatiques françaises et d'établir un itinéraire technique adapté à la culture .

Les processus de panifications exigent des propriétés technologiques bien précises, notamment en industriel. On peut donc se demander si **les propriétés technologiques du tritordeum répondent aux exigences de la panification industrielle et artisanale**. Les missions sont ici d'acquérir des connaissances technologiques (qualité boulangère, propriétés rhéologiques) et d'étudier l'adaptabilité des processus de transformation classiques du grain et de la farine sur l'espèce tritordeum.

Le contexte économique agricole étant complexe, il apparaît indispensable d'analyser la rentabilité d'une nouvelle filière pour chaque acteur. Il est donc nécessaire de savoir **comment bâtir une filière tritordeum économiquement rentable dans un contexte de volatilité des prix ?** Pour répondre à cette question, il s'agit d'identifier les acteurs et leurs attentes et de proposer une structure de prix pertinente.

L'ensemble des résultats obtenus constituera une base de travail et de développement pour Agri-Obtentions et les différents acteurs, afin de maîtriser la culture et de la développer de manière cohérente pour assurer son succès.

## 5. Matériel & Méthode

Afin de répondre à la problématique et aux différentes sous-questions la méthodologie se base sur des approches scientifiques, techniques et marketing.

### 5.1. Evaluation agronomique

Différents essais sont implantés par Agri-Obtentions et/ou des prestataires de service. Les objectifs de ces essais sont d'acquérir des données techniques pour maîtriser d'avantage la culture, et ainsi pouvoir faire des préconisations techniques aux agriculteurs. Ces essais se déclinent en plusieurs catégories. L'ensemble des expérimentations sont décrites dans le Tableau 8.

#### 5.1.1. Expérimentation « variété »

##### 5.1.1.1. Evaluation variétale des lignées avancées

Ce réseau d'essai appelé « LAS » a pour objectif d'étudier le comportement des quatre variétés de tritordeum les plus avancées en comparaison aux témoins blé tendre du marché français (Annexe 2). La multi-localité de ces essais permet d'étudier le comportement en fonction des conditions pédoclimatiques.

##### 5.1.1.2. Screening variétal des lignées en cours de sélection

Ce réseau d'essai nommé « Multilocal » permet de comparer des lignées de tritordeum en cours de sélection par rapport à des témoins (annexe 3) afin de repérer les variétés potentiellement les plus intéressantes à développer dans le futur. Les principaux critères de sélection observés au niveau agronomique sont le rendement, la résistance aux maladies et à la verse. La précocité va également être prise en compte afin d'adapter la variété aux zones géographiques. De plus, ce screening variétal permet de comparer l'espèce tritordeum aux autres espèces et d'agréger des données sur les variétés déjà développées afin de mieux les maîtriser. Les mêmes séries sont testées en Espagne, Italie et Turquie.

##### 5.1.1.3. Evaluation de la tolérance au froid

Une évaluation de la tolérance au froid a été réalisée à la station INRA de Chaux des Près pour les quatre lignées avancées de tritordeum. L'objectif est de cibler les zones géographiques où la culture du tritordeum est possible. L'échelle de notation utilisée pour cet essai est l'échelle blé dur.

#### 5.1.2. Expérimentation « itinéraire technique »

##### 5.1.2.1. Fertilisation et densité de semis

Ces essais (Annexe 4 et Annexe 5) ont pour but d'établir le lien entre la fertilisation azotée (respectivement la densité de semis) et le tallage, la sensibilité à la verse, les maladies et le rendement. L'objectif est ainsi de définir la fertilisation azotée (respectivement la densité de semis) optimale pour une bonne conduite de la culture de tritordeum.

### 5.1.2.2. Régulateurs

L'objectif est d'étudier le comportement du tritordeum face à trois régulateurs différents (Annexe 6). Sont observées la sélectivité des régulateurs sur l'espèce et leur efficacité.

Tableau 8 : réseaux d'essais agronomiques tritordeum et variables mesurées

Type d'essai	Variété	Variété	Variété	Itinéraire technique	Itinéraire technique	Itinéraire technique
Nom de l'essai	LAS	Multilocal	Froid	Fertilisation	Densité de semis	Régulateurs
Nbre variétés de tritordeum (annexes 2 à 6)	4	14	4	2	2	2
Lieu(x) (Annexe 7)	Levroux (36) Clermont Ferrand (63) Saint Paul-les-Romans (26) L'Isle Jourdain (32)	Orsonville (78) L'Isle Jourdain (32)	Chaux des près (39)	L'Isle Jourdain (32)	L'Isle Jourdain (32)	L'Isle Jourdain (32)
Année(s) d'essai	2016,2017	2016,2017	2016, 2017	2017	2017	2017
Variables agronomiques et physiologiques	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	12, 13, 14, 15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 8, 10
Variables physico-chimiques et sanitaires	a, b, c, d	a, b, c, d		a, b, c, d	a, b, c, d	a, b

Légende :

Variables agronomiques et physiologiques :

1 : Validité parcellaire, 2 : Précocité montaison, 3 : Date d'épiaison, 4 : Précocité maturité, 5 : Port de plante, 6 : Sensibilité maladies, 7 : Sensibilité verse, 8 : Hauteur, 9 : Composantes de rendement (épis/m<sup>2</sup>, grains/épis, PMG), 10 : Rendement, 11 : Phytotoxicité/sélectivité, 12 : Taux de levée, 13 : Dégâts foliaires, 14 : Vigueur, 15 : Taux de survie

Les protocoles utilisés pour noter ces variables agronomiques et physiologiques sont présents en Annexe 9.

Variables physico-chimiques et sanitaire :

a : Teneur en eau, b : PS, c : Teneur en protéines, d : Teneur en mycotoxines DON

La description des variables étudiées est présente dans le paragraphe « Analyses physico-chimiques. ».

Dans la suite du rapport, les abréviations suivantes seront utilisées :

- pour les lieux : Orsonville=OR, L'Isle Jourdain=IJ, Clermont-Ferrand=CF, Levroux=LE, Saint-Paul-lès-Romans=SP
- pour les espèces : Tritordeum=TR, Blé tendre français=BT FR ou BT, Blé tendre espagnol=BT ES, Blé dur français=BD FR ou BD, Blé dur espagnol=BD ES, Blé améliorant ou de force=BAF
- pour les répétitions : Traité fongicide=T, Non traité fongicide=NT

### 5.1.3. Suivi des parcelles de production

Comme l'illustre le Tableau 9, pour la récolte 2017 (R2017) en France, 15 parcelles de tritordeum conventionnel ont été emblavées sur 39.53 hectares, et 17 parcelles ont été semées en tritordeum biologique pour une surface de 44.22 ha (Annexe 8).

Tableau 9 : parcelles de production de tritordeum récolte 2017

Organisme Stockeur (OS)	Mode de production	Lieu (cf Annexe 8)	Nbre de parcelles	Surface (ha)
<b>Agri Bio Union</b>	Bio	Tarn (81)	3	11.3
<b>Valsoleil</b>	Bio	Drôme (26)	5	10.84
<b>Dauphinoise</b>	Bio	Isère (38)	5	10.78
<b>Agro Doc</b>	Bio	Gers (32)	2	3
<b>Cholat</b>	Bio	Isère (38)	2	8.3
<b>Coop de Mansle</b>	Conv	Charente (16)	8	17.46
<b>Ets Souchard</b>	Conv	Drôme (26)	3	7
<b>Dauphinoise</b>	Conv	Isère (38)	4	15.07

Un suivi rigoureux des parcelles de production est mis en place. Celui-ci se fait via les organismes stockeurs (OS) et les agriculteurs qui sont chargés de compléter une fiche parcellaire regroupant les différentes informations relatives à l'itinéraire technique qu'ils ont mis en place. En outre, les variables suivantes sont mesurées en cours de culture et post-récolte par Agri-Obtentions :

- variables agronomiques et physiologiques : 6, 7, 8, 9, 10 (Annexe 9 : protocoles des variables agronomiques mesurées)
- variables physico-chimiques et sanitaire : a, b, c, d (décrites dans le paragraphe Analyses physico-chimiques)
- variables technologiques (décrites dans le paragraphe Analyses technologiques)

Afin de réaliser les analyses post-récolte, un échantillon de 10kg de grain par parcelle est demandé aux agriculteurs.

## 5.2. Analyse des propriétés physico-chimiques et technologiques

Les analyses physico-chimiques et technologiques font suite à la récolte et ont plusieurs objectifs :

- acquérir des données et évaluer la qualité technologique du tritordeum.
- mettre en place des méthodes et outils adaptés pour évaluer les propriétés technologiques du tritordeum et ainsi définir des normes de collecte et bâtir des règles de contractualisation.

### 5.2.1. Analyses physico-chimiques

#### 5.2.1.1. Teneur en eau

L'objectif de cette analyse est de connaître la teneur en eau moyenne du grain de tritordeum afin de pouvoir fixer une norme réglementaire comme pour toute les céréales. Pour cela, les échantillons de tritordeum sont analysés en interne par méthode infra-rouge (calibre blé tendre) avec un humidimètre (modèle : Dickey-John GAC 2100) selon la norme NF EN ISO 712 (ISO, 2014), méthode de référence pratique pour la détermination de la teneur en eau des céréales. Pour certains échantillons, une comparaison entre la méthode infra-rouge (4 calibres : blé tendre, blé dur, triticale

et orge) (modèle : FOSS 12-41, norme NF EN ISO 712) et une méthode officielle de mesure de l'humidité obtenue par dessiccation est effectuée. Cette analyse est effectuée par le laboratoire CGAC de Chartres.

#### 5.2.1.2. Masse à l'hectolitre ou Poids Spécifique (PS)

Cette mesure permet de calculer la masse de grain pour un volume donné (kg/hl). Le PS a un intérêt dans les transactions commerciales. En effet, plus le PS est élevé, plus la masse de grain sera élevée pour un même volume et donc plus le transport sera rentable. Pour cela, les échantillons de tritordeum sont analysés en interne par méthode infra-rouge (calibre blé tendre) avec un humidimètre (modèle : Dickey-John GAC 2100) selon la norme NF EN ISO 7971-3, méthode de référence pratique pour la détermination de la masse à l'hectolitre des céréales (ISO, 2014).

#### 5.2.1.3. Teneur en protéines

Comme décrit précédemment, les protéines confèrent à la farine des propriétés technologiques spécifiques. Le taux de protéines est mesuré en interne par spectrométrie proche infra-rouge (modèle : FOSSXDS Monochromator type XM-1000) (calibre blé tendre). Pour certains échantillons, une comparaison entre une méthode de spectrométrie infra-rouge (appareil FOSS 12-41, norme NF EN ISO 712) (4 calibrages : blé tendre, blé dur, triticales et orge) et une méthode officielle chimique de mesure de la teneur en protéines appelée méthode Kjeldahl est effectuée par le laboratoire CGAC. Les écarts tolérés entre les méthodes IR et officielle sont de 0.35 pour le calibre blé tendre et 0.56 pour le blé dur (CGAC).

#### 5.2.1.4. Teneur en mycotoxines DON (Déoxynivalénols)

Les mycotoxines Déoxynivalénols sont produites par certaines espèces de champignons (*Fusarium*, *Penicillium*, etc.) et présentent un risque sanitaire. L'objectif est de mesurer la sensibilité ou non de l'espèce tritordeum aux mycotoxines, afin de respecter les seuils maximums réglementaires définis par le règlement CE 1881/2006 (Commission des communautés européennes, 2006) de 1250µg/kg pour le blé tendre et 1750µg/kg pour le blé dur. La méthode utilisée pour ces analyses par le laboratoire CGAC est la méthode ELISA appliquée sur un échantillon de grains bruts.

### 5.2.2. Analyses technologiques

#### 5.2.2.1. Temps de chute de Hagberg

Cette méthode permet de mesurer l'activité de l'amylase, enzyme responsable de la dégradation de l'amidon. Un temps de chute faible est synonyme de forte activité enzymatique et souvent de grains germés, ce qui confère à la farine un mauvais comportement en panification (CGAC). En blé tendre le seuil minimal à atteindre est de 220 (Meleard, 2015). Il est important de connaître la sensibilité à la baisse du temps de chute de Hagberg du tritordeum. Ces analyses sont réalisées par le laboratoire CGAC.

#### 5.2.2.2. Alvéographe de Chopin

Cet appareil mesure les propriétés rhéologiques de la farine. Ce test est réalisé par le laboratoire CGAC. Le principe est d'appliquer sur un pàton une pression d'air, ce dernier va donc subir une extension et se transformer en bulle. Ce mode d'extension mime la déformation de la pâte lors de la fermentation (CHOPIN, 2001). L'interprétation des résultats se fait grâce au graphe obtenu (Figure 8) et à l'aide des paramètres suivants (CHOPIN, 2001) :

- le P correspond à la ténacité de la pâte. C'est la pression d'air maximum nécessaire à la déformation de la pâte.
- le L correspond à l'extensibilité de la pâte. C'est la longueur de l'abscisse entre la position de départ de la pâte et la rupture de la bulle.
- le W est la valeur boulangère (surface de la courbe). Il correspond au travail de déformation appliqué à la pâte. Plus le W est élevé, meilleure est la qualité boulangère.
- Le P/L est le rapport de configuration de la courbe. Ce ratio renseigne sur la ténacité ou extensibilité d'une farine. Plus le rapport est faible, plus la farine est extensible et inversement.
- L'Indice d'élasticité (Ie) de la pâte est la valeur de la pression à 4cm du début de la courbe.

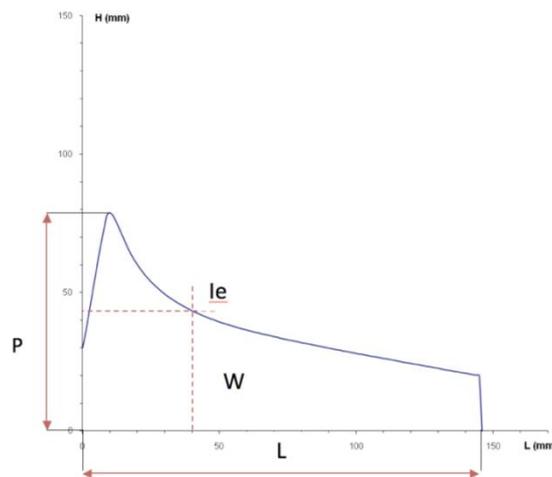


Figure 8 : courbe de Chopin  
Source : CGAC (2017)

### 5.2.2.3. Test de panification

L'objectif est d'analyser les propriétés boulangères du tritordeum lors de la panification. La méthode consiste à noter et pondérer différents critères et étapes de la panification suivant une grille de notation (ou diagramme) présent en Annexe 10. La note finale obtenue correspond à la note de panification. Selon la norme BIPEA (NF03-716), une note supérieure à 250 sera considérée comme bonne, entre 240 et 250 la note panification est dite moyenne, en deçà elle est mauvaise. Afin d'établir une grille de notation spécifique au tritordeum deux recettes ont été comparées : la méthode Tradition française (Annexe 11) et la méthode Agrasys (Annexe 12), méthode préconisée par les boulangers espagnols. Ces essais de panification sont réalisés par le laboratoire CGAC.

### 5.2.2.4. Taux d'extraction

Il permet de connaître la quantité de farine extraite du grain par rapport au son après mouture (CGAC). Cet élément est un indicateur du rendement meunier et donc de la rentabilité de l'outil industriel. Cette variable permettra également de juger au mieux des quantités nécessaires de grain pour produire un volume de farine donné.

### 5.2.2.5. Gluten humide et gluten index (GI)

Ces analyses réalisées par le laboratoire CGAC selon une méthode issue de NF EN ISO 21415-2 permettent de qualifier le profil du gluten. La première étape consiste en une lixiviation d'une boule de pâte avec une solution saline pour en extraire le gluten (le gluten étant insoluble en milieu salin) (Motquin, 2007). Ce gluten obtenu correspond au gluten humide. Dans une deuxième étape, cette

boule de gluten subit une centrifugation sur une grille. Le Gluten Index (GI) est le rapport entre les protéines dites tenaces soit celles n'ayant pas traversé la grille lors de la centrifugation et les extensibles qui ont traversé la grille. Plus le GI est faible, plus le profil du gluten est extensible. Au contraire, un GI supérieur à 80 est synonyme de profil élastique (Meleard, 2015).

### 5.2.2.6. La couleur de la farine

Ce critère permet d'analyser la couleur de la farine. Cette analyse est faite par CGAC avec un chromamètre Minolta (modèle : CR 410) de dernière génération, un outil de référence dans de nombreuses industries.

## 5.3. Analyses statistiques

### 5.3.1. ANOVA et modèles

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R Development Core Team, 2005). Les packages agricolae, lmtest et MASS ont été utilisés.

Plusieurs analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées (Tableau 10).

Tableau 10 : variables étudiées dans les ANOVA

N° modèle	Variables à expliquer	Variables explicatives
1	Rendement	Variété + traitement fongicide
2	Rendement	Variété + lieu + Variété * lieu
3	Rendement	Variété
4	Rendement	Modalité fertilisation + Variété
5	Rendement	Modalité densité semis + Variété
6	Rendement	régulateur dose homologuée + Variété + régulateur dose homologuée * Variété
7	Rendement	régulateur dose homologuée
8	Rendement	régulateur trois doses + Variété + régulateur trois doses * Variété
9	Hauteur	régulateur dose homologuée + Variété
10	Hauteur	Régulateur dose homologuée
11	Hauteur	régulateur trois doses + Variété + régulateur trois doses * Variété
12	Teneur en protéines	Modalité fertilisation + Variété
13	Note panification	Variété
14	Note panification	Teneur en protéines
15	Note panification	Mode de production

Les résultats de significativité de l'ANOVA sont légendés comme suit : \*\*\* = p-value < 0.01 ; \*\* = 0.01 < p-value < 0.05 ; . = p-value > 0.05.

### 5.3.2. Vérifications des hypothèses de l'ANOVA

Pour chaque ANOVA, les trois hypothèses ont été vérifiées :

- indépendance des observations. Ce critère est toujours respecté dans cette étude.
- normalité des résidus (respect de la loi Normale). Cette condition a été vérifiée via le test de Shapiro.

- homoscedasticité, c'est-à-dire homogénéité des variances. Cette condition a été vérifiée grâce au test de Bartlett.

Si les conditions d'application de l'ANOVA n'étaient pas respectées différentes transformations ont été appliquées pour tenter d'apporter une correction : une transformation en logarithme (log), et une en racine carrée (sqrt).

### 5.3.3. Test de comparaisons multiples

Un test post-hoc de comparaisons multiples, le test HSD de Tukey, a été fait au seuil de 5 % avec témoins inclus. Les résultats de ce test sont indiqués par une lettre. Les traitements sans lettre en commun sont considérés comme significativement différents avec un seuil de confiance de 5 %.

Dans le cas où les modèles ne sont pas applicables, les résultats ne peuvent pas être interprétés statistiquement, mais donnent simplement une tendance.

Lorsqu'une représentation graphique est effectuée, la barre d'erreur représente toujours l'écart-type.

## 5.4. Mise en place de la filière tritordeum

L'objectif est de mettre en place une nouvelle filière économiquement viable et rentable pour chaque acteur. Pour cela, la méthodologie se base sur différentes étapes.

### 5.4.1. Identification des acteurs et de leurs attentes

L'identification des acteurs et de leurs attentes a été permise via des discussions et échanges. Les objectifs étant de déterminer :

- Leurs **attentes** et leurs **besoins** en matière de prix, mais également de débouchés, de volume, d'organisation de la filière, de traçabilité, etc.
- Les **moyens à mettre en œuvre** pour bâtir cette nouvelle filière.

L'acquisition de ces données s'est faite en prenant en compte les avis et les remarques de chacun, informations précieuses pour assurer le fonctionnement de la filière. La finalité de ces échanges est d'obtenir des informations transversales de la part de tous les acteurs pouvant être impliqués dans une filière. Les acteurs rencontrés sont :

- Sept organismes stockeurs (OS) intégrés dans la filière et certains agriculteurs adhérents producteurs de tritordeum sur la campagne 2016-2017.
- Deux meuniers partenaires et pionniers que sont la Minoterie Dupuy Couturier, basée à l'Etrat, dans la Loire (42) qui écrase du grain conventionnel et biologique. Et Les Moulins Decollogne, qui dispose d'un moulin historique situé à Précy-sur-Marne en Seine-et-Marne (77), produisant de la farine conventionnelle et un autre à Aiserey (21) produisant de la farine biologique.
- Un courtier : Thierry Hache, gérant de la société Thierry Hache Diffusion. C'est un courtier assermenté auprès de la cour d'appel d'Angers (Spécialités section II – produits du règne végétal), dont le rôle est d'organiser le marché et de mettre en relation acheteurs et vendeurs.

- Agrasys, détenteur des droits commerciaux du tritordeum. L'activité principale de cette société est de développer et commercialiser le tritordeum. Les principaux échanges ont eu lieu avec Etienne Vassiliadis, responsable commercial et développement chez Agrasys. Il est en charge du lancement commercial du tritordeum en France. Mais également avec Paul Lazzeri, directeur Recherche & Développement, ayant quelques années de recul sur la production de tritordeum.

#### 5.4.2. Evaluation de la rentabilité de la filière

La deuxième étape consiste en la mesure de la rentabilité de la filière au niveau de tous les maillons c'est-à-dire les agriculteurs, les OS, les meuniers, Agri-Obtentions et Agrasys.

La méthodologie employée s'appuie sur l'analyse et la comparaison de différents indicateurs économiques (Tableau 11) entre plusieurs céréales en système conventionnel et biologique.

Tableau 11 : indicateurs économiques calculés

Acteur	Indicateur	Calcul
<b>Agriculteur</b>	Marge Brute (€/ha)	Produit brut <sup>1</sup> – Charges opérationnelles <sup>2</sup>
<b>OS</b>	Produit brut (€/ha)	Marge sur production vendue * Rendement
<b>AO</b>	Marge Brute sur semences vendues (€/ha)	(Prix de vente semences - Coûts de production) * densité semis
	Produits brut sur production vendue (€/ha)	License sur production vendue * Rendement
<b>Meunier</b>	Marge (€/Tg)	(Valeur farine <sup>3</sup> + valeur son <sup>4</sup> ) – Prix achat du grain – coûts de production – coûts certification <sup>5</sup>
	Marge (€/Tf)	((Valeur farine <sup>3</sup> + valeur son <sup>4</sup> ) – Prix achat du grain – coûts de production – coûts certification <sup>5</sup> ) / Valeur farine

Légende :

Tg = tonne de grain

Tf = tonne de farine

<sup>1</sup> Produit brut = Prix de vente départ ferme \* Rendement

avec Prix de vente départ ferme = Prix rendu Rouen - 40€ en conventionnel

Prix de vente départ ferme = Prix rendu Rouen - 70€ en biologique

<sup>2</sup> Charges opérationnelles = Charges semences + Charges fertilisation + Charges phytosanitaire

Seules les charges opérationnelles ont été considérées puisqu'elles sont susceptibles de varier selon l'espèce de céréale, contrairement aux charges de structures et autres charges. Les charges opérationnelles considérées pour la suite de cette étude sont référencées dans le Tableau 12 pour le mode de production conventionnel et le Tableau 13 pour le mode de production biologique. Dans ce dernier cas, les simulations ont été réalisées sans prendre en compte les coûts de fertilisation, trop compliqués à fixer. Les charges de traitements sont considérées comme nulles.

Tableau 12 : charges opérationnelles de différentes espèces en agriculture conventionnelle

	<b>Blé tendre</b>	<b>Tritordeum</b>	<b>Blé dur</b>	<b>Blé améliorant</b>
<b>Semences</b>	98	189	148	98
<b>Densité semis (gr/m<sup>2</sup>)</b>	300	450	320	300
<b>PMG</b>	40	35	48	40
<b>Prix semences (€/qx)</b>	68	100	80	68
<b>Marge OS</b>	0.20	0.20	0.20	0.20
<b>Fertilisation azotée</b>	126	91	154	154
<b>Quantité (uN)</b>	180	130	220	220
<b>Prix (€/u)</b>	0.7	0.7	0.7	0.7
<b>Phytoprotecteurs</b>	150	165	165	150
<b>Charges opérationnelles €/ha</b>	374	445	467	402

Sources : Compilations de données de La dépêche - le petit meunier (2017), Chambre d'agriculture de l'Ain (2016), Chambre d'agriculture de l'Ain (2017), ITAB (2015), ITAB (2016), Guillermet (n.d.), Chambre d'agriculture Eure et Loire (2014), Agri-Obtentions (2017).

Tableau 13: comparaison des charges opérationnelles entre différentes espèces biologiques

	<b>Blé tendre</b>		<b>Tritordeum</b>		<b>Blé dur</b>		<b>Grand épeautre</b>	
	SC	SF	Cas 1	Cas 2	SC	SF	SC	SF
<b>Semences</b>	128	56	174	213	192	66	182	99
<b>Densité semis (gr/m<sup>2</sup>)</b>	350	350	450	550	370	370	375	375
<b>PMG</b>	40	40	35	35	48	48	45	45
<b>Prix semences (€/qx)</b>	76		92	92	90		90	
<b>Marge OS</b>	0.20		0.20	0.20	0.20		0.20	
<b>Charges « opérationnelles » €/ha</b>	128	56	174	213	192	66	182	99

Sources : Compilations de données de La dépêche - le petit meunier (2017), ITAB (2015), ITAB (2016), Guillermet (n.d.), Agri Obtentions (2017).

Légende :

SC = Semences certifiées

SF = Semences de ferme

<sup>3</sup> Valeur farine = Prix farine \* Rendement farine

<sup>4</sup> Valeur son = Prix son \* Rendement son

<sup>5</sup> Uniquement en biologique

Pour obtenir ces informations, différentes sources bibliographiques ont été utilisées. Les prix grain, farine et son, de référence du marché, proviennent de différents numéros de la revue bibliographique La dépêche - le petit meunier (2017).

## 6. Résultats

### 6.1. Des caractéristiques agronomiques propres au tritordeum

#### 6.1.1. Le tritordeum, une espèce précoce et sensible au froid

##### 6.1.1.1. Du matériel précoce à épiaison

Comme l'illustre le Tableau 14, en moyenne, les tritordeums sont plus précoces de cinq jours que les témoins blé tendre. Bulel se démarque par sa très grande précocité : -2 jours par rapport à Solehio, le plus précoce des témoins présents dans l'essai (note officielle de 7.5<sup>1</sup>). On peut donc lui attribuer une note de 8 à 8.5. HT435 est également très précoce : Solehio -1.2 jours. En moyenne on peut lui mettre une note de 7.5 à 8. Le classement d'Aucan et de HT460 diffère selon les lieux. Ils apparaissent plus tardifs que Solehio à CF et LE, mais sont plus précoces à SP. En moyenne, Aucan a la même précocité que Solehio. Sa note sera donc de 7.5. HT460 est en moyenne sur les quatre lieux le plus tardif des tritordeums. Il correspond à Solehio +0.5 jours ou SyMoisson -2.8 jours. On peut donc lui mettre une note de 7.5. Les notations sur l'échelle BBCH (échelle décrite en annexe 9) confirment ces tendances.

Il a été observé que le tritordeum est une espèce très précoce à montaison mais très lente à finition, ce qui retarde sa récolte.

Tableau 14 : synthèse des résultats agronomiques - Essais LAS

		Epiaison Traité						Septoriose			Rouille Brune			Oïdium	
		CF	IJ	LE	SP	Moyenne	Moyenne	Note officielle	IJ	SP	Moyenne	IJ	SP	Moyenne	SP
Espèce	Variété	quant ième	BBCH au 04/05	BBCH au 20/05	quant ième	Moy quant ième	Moy BBCH								
T	BT RUBISKO	138.0	55	58	135.0	136.5	56.5	6.5	4	5	4.5	3	3	3.0	3
	BT ARKEOS	137.5	61	58	134.0	135.8	59.5	7.0	7	3	5.0	2	3	2.5	2
T	BT OREGRAIN	137.0	63	59	134.0	135.5	60.8	7.0	6	3	4.5	2	5	3.5	2
T	BT SYMOISSON	137.5	59	59	127.0	132.3	58.8	7.0	5	3	4.0	4	1	2.5	2
	BAF REBELDE	136.0	59	59	127.0	131.5	58.8	7.5	4	3	3.5	4	6	5.0	3
	TR HT460	136.0	58	58	123.0	129.5	58.0	7.0	4	5	4.5	4	3	3.5	2
T	BT SOLEHIO	133.5	59	59	124.5	129.0	59.0	7.5	3	3	3.0	5	5	5.0	2
	TR AUCAN	135.5	61	58	122.5	129.0	59.5	7.5	6	5	5.5	3	3	3.0	3
	TR HT435	133.5	59	59	122.0	127.8	59.0	7.5-8	3	5	4.0	3	6	4.5	2
	TR BULEL	133.0	61	58	121.0	127.0	59.5	8-8.5	6	3	4.5	2	5	3.5	2
Moyenne témoins		136.5	59.0	58.5	130.1	133.3	58.8		4.5	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	2.3
Moyenne tritordeum		134.5	59.8	58.3	122.1	128.3	59.0		4.8	4.5	4.6	3.0	4.3	3.6	2.3

<sup>1</sup> Les notes dites officielles sont tirées du guide Limagrain (2017)

Légende : 1=Ultra tardif ou très sensible ou très court ou très faible

9=Ultra précoce ou très résistant ou très haut ou très élevé

### 6.1.1.2. Une résistance au froid proche du blé dur

Les notations et résultats de l'essai froid sont à prendre avec précautions car le peuplement levé post-semis était très faible et irrégulier. Comme l'indique la synthèse des résultats (Tableau 15), le tritordeum apparaît comme sensible au froid. La note moyenne de l'espèce est de 3,5, inférieure à celle de Cando, témoin moyennement sensible au froid. Au niveau des dégâts foliaires, le tritordeum était beaucoup mieux que le témoin sensible blé dur (Clairox) et légèrement mieux que le témoin sensible blé tendre (Rex). Le taux de survie est assez bien corrélé à l'échelle de notation blé dur. La capacité de reprise est très limitée par rapport au blé tendre.

Tableau 15 : synthèse des résultats - Essai froid

Variété	Espèce	LEVEE		DEGATS FOLIAIRES (DF)				VIGUEUR Reprise en végétation		SURVIES		Note Finale 2017	ajusté DF	groupe	REMARQUES
		20-oct (Nb)	% Levée	7-fev (note BD)	7-fev (note BD)	21-fev (note BD)	21-fev (%)	3-mars	30-mars	31-mars (Nb plantes vivantes)	% survie				
TEMOIN FROID S	CLAIRDOC	BD	19	63%	99%	-	100%	-	1	1	0	0%	1		
TEMOIN FROID S	JAIDOR	OH	-	-	95%	2	-	-	-	-	-	15%	2		
TEMOIN FROID S	REX	BTH	25	83%	80%	3	75%	3	3+	6	21	84%	3		
	HT435	TRITORDEUM	12	40%	-	4	-	3	3	3	5	42%	3	S	!!peuplement très faible et irrégulier
	AUCAN	TRITORDEUM	13	43%	-	4	-	3-	3	3	7	54%	3,5	S	!!peuplement très faible et irrégulier
	HT444	TRITORDEUM	16	53%	-	4	-	3+	4	4	8	50%	3,5	S	
TEMOIN FROID M	CANDO	BD	20	67%	50%	-	50%	-	5	6	15	75%	4		
	BULEL	TRITORDEUM	13	43%	-	4	-	4-	4	4	9	69%	4	M	!!peuplement très faible et irrégulier
TEMOIN FROID R	DURELLE	BD	18	60%	25%	-	25%	-	7	9	15	83%	7		
	Moyenne		17	57%	70%	4	63%	3	4	5	10	52%	3		
	Moyenne Tritordeum		13,5	45%		4		3	3,5	3,5	7,25	54%	3,5		

### 6.1.2. Un rendement inférieur au standard blé français

#### 6.1.2.1. Un potentiel de rendement de moitié par rapport à un blé tendre

Le rendement moyen sur les quatre lieux avoisine les 41 qx/ha et représente en moyenne 47.6% des témoins blé tendre (Tableau 16). Les performances du tritordeum varient significativement entre les différents lieux d'essai (Annexe 13). En effet on observe que le lieu LE est statistiquement moins productif que les lieux IJ, SP et CF au même niveau. Le tritordeum apparaît le plus productif à IJ, atteignant 57.6% des témoins.

Tableau 16 : synthèse des résultats rendement - Essais LAS

Espèce	Variété	Rdt Traité										Rdt non traité					Ecart T-NT											
		CF		IJ		LE		SP		Moyenne		CF		IJ		LE		SP		Moyenne								
		Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy		% HSD 5%	Moy	% HSD 5%	Moy	% HSD 5%						
T	BT	SOLEHIO	94,0	a	107,1	91,4	a	102,2	80,8	a	109,4	94,9	a	102,8	90,3	a	105,2	88,0	97,9	78,1	97,9	69,4	105,0	77,5	98,0	78,3	99,4	12,0
	BT	ARKEOS	96,1	a	109,5	86,2	a	96,3	74,8	ab	84,9	87,7	ab	95,1	86,2	ab	100,4	98,9	110,0	89,1	111,7	57,1	86,4	81,7	103,3	81,7	103,8	4,5
T	BT	OREGRAIN	90,5	a	103,1	90,7	a	101,4	71,3	ab	96,5	90,6	a	98,2	85,8	ab	99,9	88,7	98,6	89,1	111,7	65,8	99,5	83,8	106,0	81,9	104,0	3,9
T	BT	RUBISKO	94,5	a	107,7	85,1	a	95,1	73,0	ab	98,9	88,7	ab	96,1	85,3	ab	99,4	96,9	107,8	81,3	101,9	65,0	98,4	78,1	98,8	80,3	102,0	5,0
T	BT	SYMOISSON	72,0	ab	82,1	90,8	a	101,4	70,3	bc	95,2	95,0	a	102,9	82,0	b	95,5	86,1	95,7	70,6	88,4	64,2	97,1	76,9	97,3	74,5	94,6	7,6
	BAF	REBELDE	82,1	a	93,6	74,9	a	83,7	61,1	c	82,8	70,4	bc	76,3	72,1	c	84,0	78,6	87,4	70,7	88,7	56,0	84,8	67,4	85,3	68,2	86,6	3,9
	TR	HT460	40,0	c	45,6	51,6	b	57,6	24,8	d	33,6	51,0	cd	55,3	41,9	d	48,8	43,3	48,2	56,8	71,1	20,9	31,7	46,4	58,7	41,9	53,2	0,0
	TR	HT435	48,0	bc	54,7	49,4	b	55,2	22,0	d	29,7	45,0	d	48,8	41,1	d	47,9	47,4	52,7	49,3	61,8	17,3	26,2	38,5	48,7	38,1	48,4	3,0
	TR	AUCAN	40,1	c	45,7	53,3	b	59,5	23,5	d	31,9	44,6	d	48,3	40,4	d	47,0	34,9	38,8	54,3	68,1	19,6	29,7	35,3	44,6	36,0	45,8	4,4
	TR	BULEL	34,0	c	38,7	51,8	b	57,8	25,1	d	34,0	49,7	d	53,9	40,2	d	46,8	29,9	33,2	48,4	60,7	20,8	31,4	41,8	52,9	35,2	44,7	4,9
	Moyenne témoins		87,7		100,0	89,5		100,0	73,8		100,0	92,3		100,0	85,8		100,0	89,9	100,0	79,8	100,0	66,1	100,0	79,1	100,0	78,7	100,0	7,1
	Moyenne tritordeum		40,5		46,2	51,5		57,6	23,8		32,3	47,6		51,6	40,9		47,6	38,9	43,2	52,2	65,4	19,7	29,7	40,5	51,2	37,8	48,0	3,1
	CV		9,82			5,95			4,79			7,06			7,39													
	R <sup>2</sup> ajusté		0,930			0,946			0,990			0,945			0,957													
	p-value		***			***			***			***			***													

Le rendement non traité des quatre variétés de tritordeum est également nettement inférieur aux témoins blé. Le tritordeum réalise 48% des témoins. En comparant l'écart traité-non traité, il

semblerait que celui-ci soit plus important sur les témoins blé tendre (7,1) que sur les tritordeums (3,1).

### 6.1.2.2. Un rendement qui s'explique par des PMG et une fertilité épis faibles

Le PMG moyen sur les quatre lieux est de 38.8g et contre 41.5g pour les témoins blé tendre (Tableau 17). Sur les lieux CF et SP, le PMG moyen du tritordeum est légèrement supérieur à celui des blés tendre, de 7% et 1% respectivement. D'après le guide des semences (Limagrain, 2017), Rubisko est noté 6 et Oregrain a une note de 4. On peut donc supposer une note de 5 pour HT460 soit un PMG dit moyen, et une note de 4 pour Aucan, Bulel et HT460.

Tableau 17 : synthèse des résultats composantes de rendement - Essais LAS

Espèce	Variété	PMG T								Epis/m <sup>2</sup>								Grains/épi								
		CF	IJ	LE	SP	Moyenne	% témoins	Rg	Note officielle	CF	IJ	LE	SP	Moyenne	% témoins	Rg	Note officielle	CF	IJ	LE	SP	Moyenne	% témoins	Rg	Note officielle	
T	BT	SOLEHIO	39,2	53,7	43,3	44,0	45,0	108,7	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	BT	RUBISKO	-	50,1	39,3	43,9	44,4	107,2	2	6	-	-	468,8	325,0	396,9	91,7	2	6	-	-	39,7	62,1	48,4	99,9	-	3
	TR	HT460	42,8	41,4	37,5	44,0	41,4	99,9	3	5	-	-	256,3	287,5	271,9	62,8	5	≤5	-	-	25,8	40,4	37,2	76,8	3	≤3
	TR	HT435	37,5	43,7	32,1	41,2	38,6	93,1	4	4	-	-	237,5	275,0	256,3	59,2	6	≤5	-	-	28,8	39,8	41,6	85,8	4	≤3
T	BT	SYMOISSON	32,6	45,5	38,6	37,6	38,6	93,1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	≤3
	TR	AUCAN	35,9	41,5	33,7	41,1	38,0	91,8	6	4	-	-	268,8	287,5	278,1	64,3	4	≤5	-	-	26,0	37,7	38,2	78,8	5	≤3
T	BT	OREGRAIN	35,1	44,1	34,0	37,9	37,7	91,1	7	4	-	-	525,0	412,5	468,8	108,3	1	7	-	-	40,0	58,0	48,5	100,1	-	5
	TR	BULEL	36,6	39,6	33,7	38,9	37,2	89,7	8	4	-	-	318,8	275,0	296,9	68,6	3	≤5	-	-	23,4	46,6	36,4	75,1	6	≤3
		Moyenne témoins	35,6	48,4	38,8	40,9	41,5	100,0			-	-	496,9	368,8	432,8	100,0			-	-	39,8	60,0	48,4	100,0		
		Moyenne tritordeum	38,2	41,5	34,3	41,3	38,8	93,6			-	-	270,3	281,3	275,8	63,7			-	-	26,0	41,1	38,3	79,1		

La fertilité épi du tritordeum, mesurée uniquement sur les lieux LE et SP, est 21% plus faible que celle des témoins blé tendre (Tableau 17). Comme le montre la figure 9, le nombre moyen de grains par épi de tritordeum n'excède pas 41.6 pour HT435. Sachant que Rubisko a une fertilité épi dite moyenne (note officielle de 3), et que tous les tritordeums produisent moins de grains par épi que ce témoin, on peut en déduire que le tritordeum a une fertilité épi dite moyenne à faible (note ≤ 3).

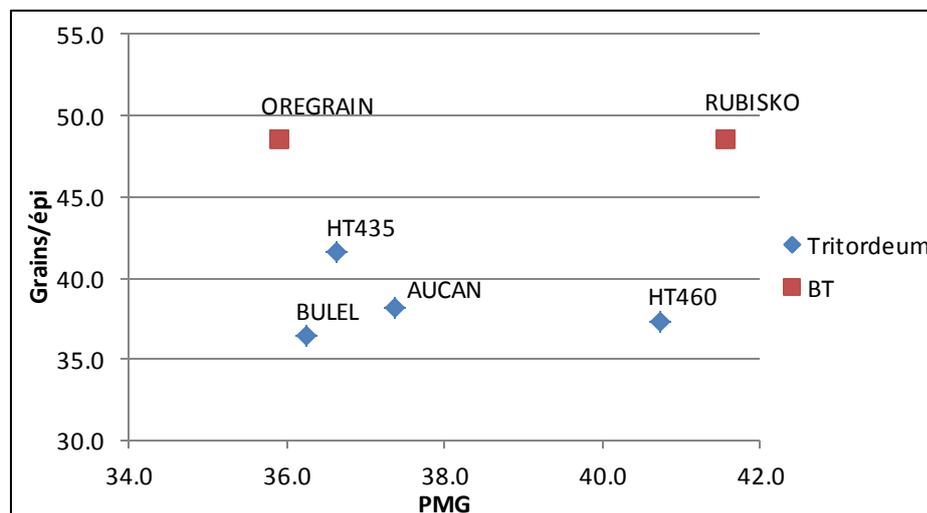


Figure 9 : composantes de rendement (PMG et grains/épi) du tritordeum en comparaison aux témoins blé tendre – essais LAS

En comparaison aux témoins blé tendre du marché français, le tritordeum produit moins d'épis/m<sup>2</sup>. Cependant étant donné la mauvaise qualité germinative des semences de tritordeum par rapport aux semences de blé et l'hétérogénéité lors de la levée expliquant les CV élevés, cette composante est à étudier avec précaution.

### 6.1.2.3. Un PS en deçà des normes blés tendre

Le poids spécifique (PS) moyen du tritordeum sur les quatre lieux LAS est de 68.7 kg/hl, équivalent à 88.7% des témoins blé. Sur les quatre variétés de tritordeum présentes, Bulel semble avoir le plus gros PS (Tableau 18). Rubisko ayant une note officielle de 5, les quatre lignées avancées de tritordeum auront une note inférieure à 5, c'est-à-dire un PS qualifié de faible.

Tableau 18 : synthèse des résultats PS - Essais LAS

		PS traité									
		CF		IJ		SP		LE		Moyenne	
Espèce	Variété	% temoi ns									
T	TR HT435	70.5	94.4	73.1	91.9	73.9	93.3	26.4	35.2	61.0	78.8
	TR AUCAN	69.0	92.4	71.4	89.7	73.6	93.0	68.1	90.7	70.5	91.1
T	TR HT460	68.8	92.1	74	93.0	72.2	91.2	68.3	90.9	70.8	91.5
T	TR BULEL	71.2	95.3	73.5	92.4	74.4	94.0	70.5	93.9	72.4	93.5
	BT RUBISKO	-	-	76.8	96.5	75.9	95.9	73.3	97.6	75.3	97.3
T	BT OREGRAIN	74.7	100.0	80.7	101.4	80.0	101.0	74.0	98.5	77.4	99.9
	BT SOLEHIO	75.1	100.5	80	100.5	79.9	100.9	78.0	103.9	78.3	101.1
	BT SYMOISSON	74.3	99.5	80.8	101.5	80.9	102.2	-	-	78.7	101.6
	BT ARKEOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAF REBELDE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne témoins		74.7	100.0	79.6	100	79.2	100.0	75.1	100.0	77.4	100.0
Moyenne tritordeum		69.9	93.5	73.0	91.7	73.5	92.9	58.3	77.7	68.7	88.7

### 6.1.3. Une espèce plutôt rustique

#### 6.1.3.1. Un bon comportement vis à vis des maladies du feuillage

Il est à noter que l'année 2016-2017 était une année à très faible pression maladie sur les blés. Ainsi sur certains lieux, aucunes notations n'ont pu être réalisées car la pression était trop faible voire quasi inexistante.

Aucunes notations de rouille jaune (RJ) n'ont été réalisées sur les essais LAS. Le tritordeum n'a pas montré de sensibilité à la rouille jaune.

La rouille brune (RB) a impacté le tritordeum et les témoins blé tendre à un même niveau (Tableau 14). Selon les lieux, le comportement du tritordeum diffère, alors que la note des témoins blé tendre est la même. À SP le tritordeum s'est montré plus sensible que la moyenne des blés tendre. Toutes les variétés de tritordeum sont plus résistantes à la rouille brune que Solehio (noté 4 par Limagrain (2017)). Les variétés de tritordeum seront sur cette grille de notation notés 5 ou plus en RB.

Le tritordeum apparaît plus sensible à la septoriose que les témoins blé tendre sur les des lieux LAS (Tableau 14). Attention cependant, à la notation. En effet, le tritordeum marque sur ses feuilles beaucoup de tâches physiologiques et de grillure polliniques. Selon l'expérimentateur, ces tâches peuvent être prise pour de la septoriose. Ces notes sont donc à prendre avec précaution.

Sur le lieu SP, le tritordeum a le même comportement en termes d'oïdium que les témoins blé tendre.

#### 6.1.3.2. Une sensibilité à la fusariose

Bien qu'aucunes notations de fusariose de l'épi n'aient été réalisées, les résultats des analyses sanitaires sur les mycotoxines Déoxynivalénols (DON) (Figure 10) montrent que le tritordeum est sensible à l'accumulation des DON. Sur le lieu IJ, la teneur moyenne en mycotoxine des tritordeums est de 676 µg/kg, teneur supérieure à celle de Soisson, témoins intermédiaire. Sur le lieu OR, la teneur moyenne en DON des tritordeums est de 1431 µg/kg, teneur supérieure à celle du témoin sensible ainsi qu'au seuil réglementaire de 1250 µg/kg en blé tendre.

		Accumulation DON ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
		IJ	OR
Témoins intermédiaire (4.5)	Soissons	508	541
Témoin résistant (6.5)	Apache	338	580
Témoin sensible (3)	Trémie	-	1144
	HT444	601	1177
	HT437	628	1183
	HTC1210	742	1246
	Aucan	742	1304
	HT435	562	1327
	HT429	453	1354
	Bulel	445	1858
	HT460	1238	1999
Moyenne tritordeum		676.4	1431

Figure 10 : résultats des analyses sanitaires (mycotoxines DON)

## 6.2. Un itinéraire technique à adapter

### 6.2.1. Une espèce plus sensible à la verse dans le contexte pédoclimatique français

#### 6.2.1.1. Une sensibilité à la verse selon les géotypes

Cette année n'était pas très propice à la verse. Cependant, le tritordeum tend à verser plus que les témoins blé tendre. Certaines variétés sortent du lot comme Bulel, particulièrement sensible, avec des notes sensibilité allant jusqu'à 5 sur l'essai LAS d'Isle Jourdain (Tableau 19). Bulel est plus sensible que Solehio, témoin blé tendre peu résistant à la verse (note officielle de 4). Sur les essais LAS de SP et IJ, Aucan semble moyennement résistant à la verse. HT435 et HT460 n'ont versé sur aucun essai.

#### 6.2.1.2. La hauteur de tige, une des causes de la verse ?

Tableau 19 : synthèses des résultats verse et hauteur - essais LAS

En moyenne, l'espèce tritordeum a tendance à être plus courte que le blé tendre. Cependant certaines micro-parcelles étant mal levées, cette information peut-être erronée. À Levroux par exemple, l'essai n'était pas réussi, le tritordeum n'était pas bien développé et donc très court. À SP, l'essai était plus valide. On remarque sur ce lieu que le tritordeum est en moyenne plus haut que les témoins blé tendre (Tableau 19). HT435 et Bulel sont les deux variétés de tritordeum les plus hautes sur deux lieux LAS. Aucan est la variété la plus courte.

Espèce	Variété	Verse				Hauteur			
		IJ	LE	SP	Moyenne	LE	SP	Moyenne	
T	BT RUBISKO	1	1	1	1.0	78.0	87.0	82.5	
T	BT SYMOISSON	1	1	1	1.0	-	-	-	
	BAF REBELDE	1	1	1	1.0	-	-	-	
	TR HT460	1	1	1	1.0	60.0	90.0	75.0	
T	BT SOLEHIO	1	1	1	1.0	-	-	-	
	TR HT435	1	1	1	1.0	66.0	95.0	80.5	
	TR AUCAN	4	1	3	2.7	58.0	84.0	71.0	
	BT ARKEOS	5	1	3	3.0	-	-	-	
T	BT OREGRAIN	5	1	3	3.0	79.0	92.0	85.5	
	TR BULEL	5	1	3	3.0	70.0	96.0	83.0	
Moyenne témoins		2.0	1.0	1.5	1.5	78.5	89.5	84.0	
Moyenne tritordeum		2.8	1.0	2.0	1.9	63.5	91.3	77.4	

### 6.2.1.3. La fertilisation azotée et la densité de semis pour agir sur la verse

Les Figure 11 et Figure 12 confirment que la variété Bulel est plus sensible à la verse qu'Aucan. Lorsque la fertilisation azotée est réduite, la variété à tendance à moins verser. Cette relation n'est pas présente pour la densité de semis. Aucan montrant une bonne tolérance à la verse, il n'y a pas d'effet de la fertilisation azotée, ni de la densité de semis sur la verse sur Aucan.

Le rendement n'est pas significativement impacté par la dose d'azote apportée (Annexe 17). Comme le montre la Figure 13, pour Bulel il semblerait que le meilleur rendement soit obtenu avec 150 unités d'azote. Pour des doses comprises entre 130 et 230 uN, il y a une tendance selon laquelle le rendement diminue avec la quantité d'azote apportée. Pour une même dose d'azote apportée (230uN), le rendement des deux tritordeums atteint 55% des deux blés tendres.

D'après les analyses statistiques réalisées (Annexe 19), la densité de semis n'impacte pas le rendement de manière significative. En revanche, il y a un effet significatif de la variété sur le rendement. Aucan a un rendement significativement inférieur à celui de Bulel sur cet essai. Comme l'illustre la Figure 14, une tendance se dessine selon laquelle le rendement augmente avec la densité de semis pour Aucan. Pour la variété Bulel, l'effet semble inverse.

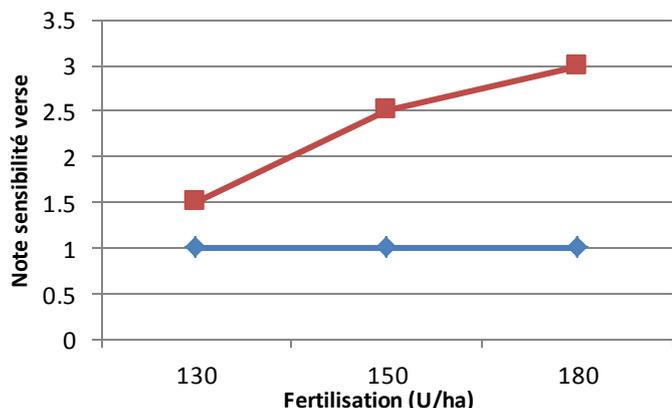


Figure 11 : sensibilité à la verse en fonction de la fertilisation azotée

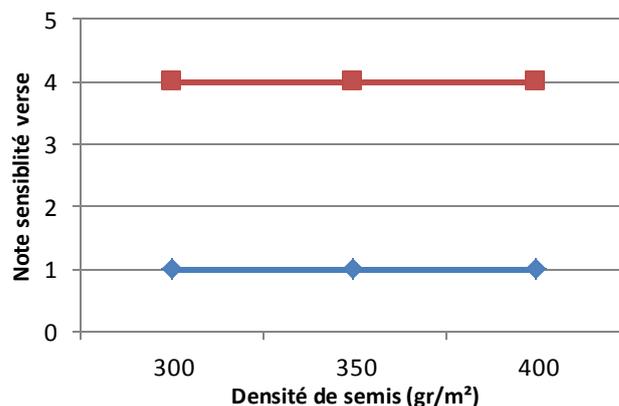


Figure 12 : sensibilité à la verse en fonction de la densité de semis

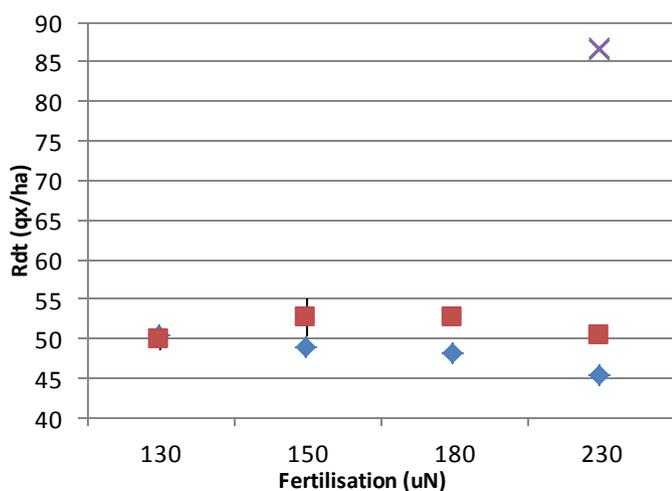


Figure 13 : courbe de réponse du rendement en fonction de la fertilisation azotée

Légende : ◆AUCAN ■BULEL

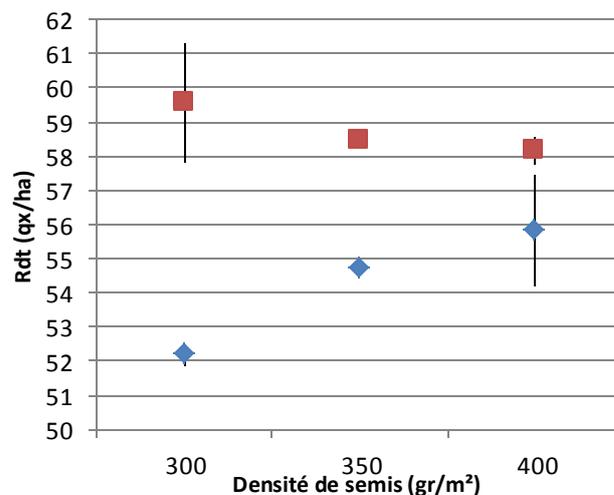


Figure 14 : évolution du rendement en fonction de la densité de semis

×SOLEHIO ×SYMOISSON

### 6.2.1.4. Des régulateurs de croissance efficaces

L'effet du Cycocel et du Terpal (à doses homologuées) sur la hauteur est statistiquement prouvé. Comme l'illustre le Tableau 20, ce sont les deux produits les plus efficaces pour réduire la hauteur de paille de l'espèce tritordeum. Cependant, il y a une tendance selon laquelle avec l'application d'un Terpal, le rendement est quelque peu réduit par rapport au témoin non traité (TNT), bien que l'effet ne soit pas statistiquement prouvé. Au contraire avec un Cycocel ou un Moddus appliqué à dose homologuée le rendement est supérieur au témoin non traité.

Les applications en double dose de l'ensemble des régulateurs ainsi que la simple dose de Terpal, permettent une réduction significative de la hauteur par rapport au témoin non traité. D'après le classement (Annexe 20), les modalités Cycocel à dose homologuée, Moddus aux 3 doses et Terpal à demi-dose permettent un gain de rendement sur le TNT.

On peut donc en conclure que le Cycocel semble impacter positivement le rendement et est significativement efficace par rapport au témoin non traité. Terpal est le produit réduisant le plus la hauteur. En revanche, il semble impacter le rendement.

Ceci est en accord avec les observations de phytotoxicité réalisées (Tableau 20) d'après lesquelles le Terpal marque plus l'espèce tritordeum c'est à dire que davantage de tâches de phytotoxicité sont observées. Ces tâches peuvent être liées à la sélectivité de l'espèce envers les matières actives appliquées. Cependant, les applications des régulateurs ayant été effectuées en période de gel, il se peut que la phytotoxicité soit amplifiée par celui-ci.

Tableau 20 : synthèse des résultats - Essai régulateur

Doses homologuées	Sélectivité (%)			Hauteur (cm)				Rendement				
	Bulel	Aucan	Moyenne	Bulel	Tukey HSD 5%	Aucan	Moyenne	Tukey HSD 5%	Bulel	Aucan	Moyenne	Tukey HSD 5%
TNT	5,0	10,0	7,5	103,3	a	88,7	96,0	a	36,9	45,2	41,0	a
Moddus	5,0	10,0	7,5	101,3	a	83,3	92,3	ab	39,6	45,5	42,6	a
Cycocel	5,0	10,0	7,5	95,7	a	81,0	88,4	bc	34,5	51,7	43,1	a
Terpal	10,0	30,0	20,0	89,7	a	78,0	83,9	c	37,9	43,6	40,8	a
CV				5,4		4,9	5,0		5,8	10,1	8,7	
p-value				**		.	***		.	.	.	

### 6.2.1. La recherche de nouvelles lignées prometteuses

Sur les essais multilocaux, le coefficient de variation (CV) est élevé. Les essais étaient très hétérogènes et certaines micro-parcelles non valides. Ceci est principalement dû à des problèmes de faculté germinative (inférieure dans certains cas à la norme blé tendre de 85%) et à des fontes de semis. Les résultats sont à considérer au regard de ce paramètre.

En matière de précocité épiaison, les résultats mettent en lumière une large gamme de précocité selon les génotypes (Tableau 21). Bulel confirme sa forte précocité à épiaison : -0.5 jours par rapport à Solehio sur le lieu OR.

Sur les deux séries Multilocal et sur les deux années d'expérimentation, aucune nouvelle lignée ne se démarque significativement par son potentiel de rendement (Annexe 21). HT460 et HT435 confirment leur niveau de rendement. Deux nouvelles lignées, L35 et HT429 semblent au même niveau que les quatre lignées plus avancées (Figure 15). Comme l'illustre la Figure 16, HT429 apporte un plus à Aucan et Bulel quant à la fertilité épi. En revanche, aucune lignée ne se révèle plus

compétitive que HT460 et HT435 sur cette composante de rendement. Seules deux nouvelles lignées semblent apporter une plus-value en matière de PMG par rapport à Aucan sur la moyenne des deux lieux. L35a en moyenne sur les deux lieux un plus gros PMG que HT460, Bulel et HT429. Cependant, comme l'illustre le Tableau 21, cette variété semble plus sensible aux maladies foliaires (septoriose, rouille brune, rouille jaune). HT429 se comporte comme HT460. La sensibilité maladie est variable selon le matériel génétique. Il en est de même pour la verse, certaines nouvelles lignées comme HT429 ou HT444 par exemple pourraient apporter une certaine résistance à la verse.

Malgré qu'aucune variété ne se distingue véritablement des quatre lignées avancées de tritordeum (Aucan, Bulel, HT460 et HT435), ce screening variétal offre une large gamme de diversité génétique et de caractéristiques agronomiques différentes.

Tableau 21 : synthèse des résultats agronomiques - Essais multiloaux

	Espèce	Variété	épiage T		Septoriose			RB		RJ	Oïdium		Verse			Hauteur		
			OR	IJ	OR	IJ	Moyenne	OR	IJ	Moyenne	OR	OR	OR	IJ	Moyenne	OR	IJ	Moyenne
			Quantième	BBCH au 04/05														
	BT ES	A-NICK	131,5	63	2,5	5	3,75	1,5	7	4,25	2	1	1,5	2	1,75	82,5	80	81,3
	BT ES	GAZUL	134,0	65	1	6	3,5	5,5	5,5	5	1	6	1	3,5	87,5	85	86,3	
	TR	BULEL	136,0	59	1	3	2	2	3	2,5	1	1	3	4	3,5	77,5	80	78,8
T	BT FR	SOLEHIO	136,5	59	1	6,5	3,75	8	6	7	1	1	1,5	1	1,25	95	93	94,0
	BD ES	AMILCAR	137,5	59	1	4	2,5	1,5	2	1,75	1	1	3	1	2	80	83	81,5
T	BT FR	SYMOISSON	138,5	59	3,5	6,5	5	4	6,5	5,25	1	1	1,5	1	1,25	95	95	95,0
	TR	HT444	139,0	58	1	4	2,5	2,5	2	2,25	1	1	1	1	1	85	83	84,0
	TR	HT460	139,0	57	1	4,5	2,75	2	2	2	1	1	1	1	1	82,5	73	77,8
	BD ES	AVISPA	139,5	59	1	5	3	1	2,5	1,75	1,5	1	3	1	2	82,5	82	82,3
	TR	HT435	139,5	56,5	1	4	2,5	2,5	2,5	2,5	1	1,5	3	1	2	75	74	74,5
	TR	L62	139,5	55	1	4	2,5	2	2	2	1	2	1	1	1	75	60	67,5
	TR	L70	139,5	56	1	3,5	2,25	2,5	2,5	2,5	1	1	1	1	1	72,5	60	66,3
	TR	L35	140,0	58,5	1	5,5	3,25	4,5	2	3,25	2	1	3	1	2	72,5	80	76,3
	TR	HT437	140,5	57,5	1	4,5	2,75	1,5	2,5	2	1	2,5	1,5	1	1,25	82,5	73	77,8
	TR	HT429	141,5	55	1	4,5	2,75	2,5	2	2,25	1	1	1	1	1	75	69	72,0
	TR	AUCAN	142,0	56,5	1	3	2	3,5	3	3,25	1	1	1	1	1	77,5	70	73,8
	TR	HTC1210	144,5	55	1,5	4	2,75	3,5	2	2,75	1	1	1	3	2	72,5	64	68,3
	TR	L34	144,5	59,5	1,5	6	3,75	2,5	6	4,25	1	1	1	3	2	70	60	65,0
	TR	L72	144,5	63	1	6	3,5	1,5	6,5	4	1	1	1,5	3	2,25	70	65	67,5
	TR	L67	147,0	55	1	6	3,5	6,5	3	4,75	1	1	1	4	2,5	67,5	-	67,5
	BD	Babylone	141,5		1			1			1,1	-	1,5			91,7		
	BD	Nobilis	141,5		1,125			1			1,0	-	2,3			80,3		
	BD	Relief	144,5		1			1,125			3,1	-	1,5			87,3		
	BD	Miradoux	142,7		1			1			3,3	-	2,8			90,8		
	BD	Anvergur	138,0		1			1			1,4	-	3,3			89,7		
	Moyenne témoins		137,5	59,0	2,3	6,5	4,4	6,0	6,3	6,1	1,0	1,0	1,5	1,0	1,3	95,0	94,0	94,5
	Moyenne BD		141,6		1,0			1,0			2,3	-	2,3			88,0		
	Moyenne Tritordeum		141,2	57,3	1,1	4,5	2,8	2,8	2,9	2,9	1,1	1,2	1,5	1,9	1,7	75,4	70,1	72,6

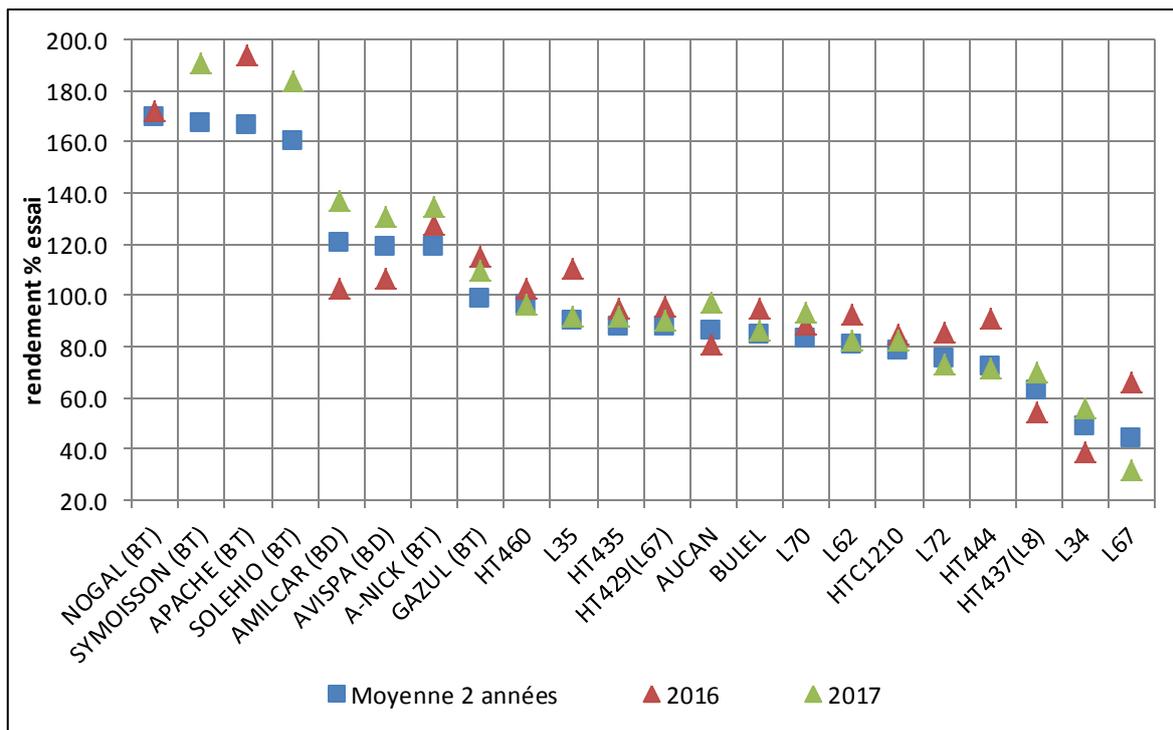


Figure 15 : moyenne rendement traité - Essais Multilocaux - 2 années (2016-2017)

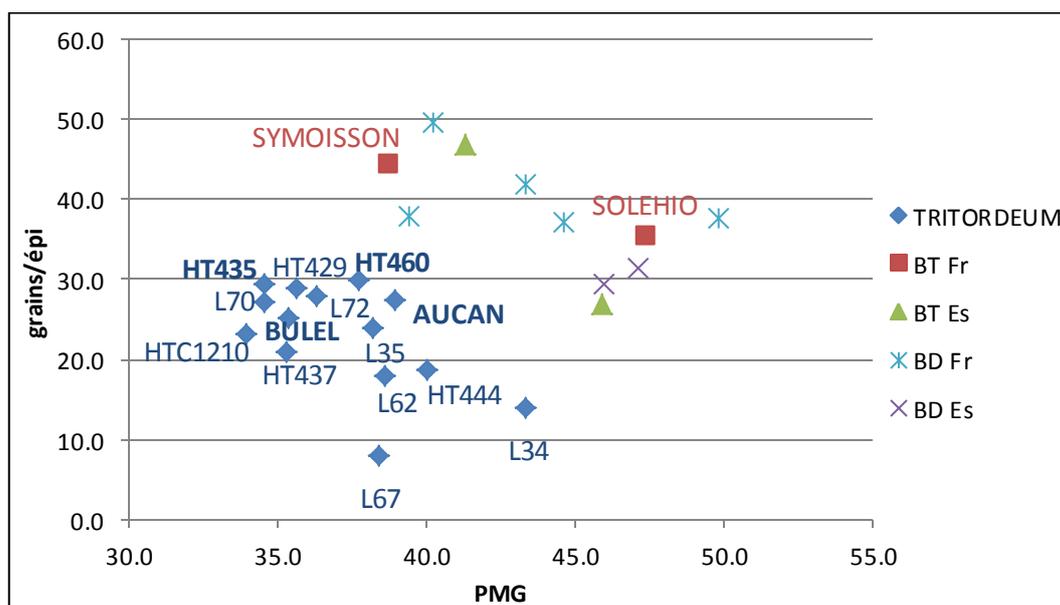


Figure 16 : composantes de rendement (PMG et grains/épi) des différentes espèces – essais multilocaux

### 6.2.2. Un grain plus riche en protéine

#### 6.2.2.1. Une teneur en protéines plus élevée qu'en blé tendre à rendements égaux

Tableau 22 : synthèse des résultats protéines - essais LAS

		Protéines									
		CF		IJ		LE		SP		Moyenne	
Espèce	Variété	% témoins									
		ns	ns								
BAF	REBELDE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	TR AUCAN	18.3	140.0	16.1	126.4	17.5	151.4	15.6	124.9	16.9	134.0
T	TR BULEL	18.7	142.8	16.2	127.6	16.7	144.4	15.5	123.5	16.8	133.1
T	TR HT435	17.8	136.1	15.8	124.4	17.3	149.7	15.5	123.6	16.6	131.8
T	TR HT460	18.2	139.4	14.8	116.6	17.4	151.1	14.8	118.5	16.3	129.7
T	BT ARKEOS	-	-	-	-	13.5	117.3	-	-	13.5	107.6
T	BT OREGRAIN	13.8	105.2	12.7	99.8	-	-	12.9	102.8	13.1	104.1
T	BT SOLEHIO	12.7	97.4	12.8	100.3	11.5	99.9	12.8	102.2	12.5	98.9
T	BT RUBISKO	13.3	101.9	12.7	99.8	11.6	100.1	12.1	97.0	12.4	98.7
T	BT SYMOISSON	12.5	95.4	-	-	-	-	12.3	98.0	12.4	98.2
Moyenne témoins		13.1	100.0	12.7	100.0	11.5	100.0	12.5	100.0	12.6	100.0
Moyenne tritordeum		18.2	139.6	15.8	123.7	17.2	149.1	15.3	122.6	16.6	132.2

La teneur en protéines moyenne sur les quatre lieux d'essais est de 16.6% et représente en moyenne 132.2% des témoins blés tendre (Tableau 22). Les performances du tritordeum varient entre les différents lieux d'essai. En effet sur les lieux LE et CF la teneur en protéines des tritordeums est supérieure que pour les lieux IJ et SP. Ces deux derniers lieux étant les plus productifs.

Comme l'illustre la figure 17, le taux de protéines moyen de l'espèce tritordeum atteint 18.6%, contre 12.1% pour les témoins blé tendre français sur les deux essais multilocaux. Sur le lieu OR, le taux de protéines moyen des tritordeums est 37% supérieur à celui des témoins blés durs. La différence de teneur en protéines entre blé et tritordeum peut s'expliquer par le fait que les rendements soient inférieurs en tritordeum. En effet comme le montre la Figure 17, il y a bien une relation inversement proportionnelle entre le taux de protéines et le rendement. Pour un rendement inférieur à 60.1qx/ha, le taux de protéines du tritordeum est toujours supérieur à celui du blé tendre. Au-delà, le taux de protéines est plus élevé en blé tendre qu'en tritordeum. Le même raisonnement avec le blé dur, place le seuil de rendement pour lequel le tritordeum fait plus de protéines que le blé dur à 25qx/ha.

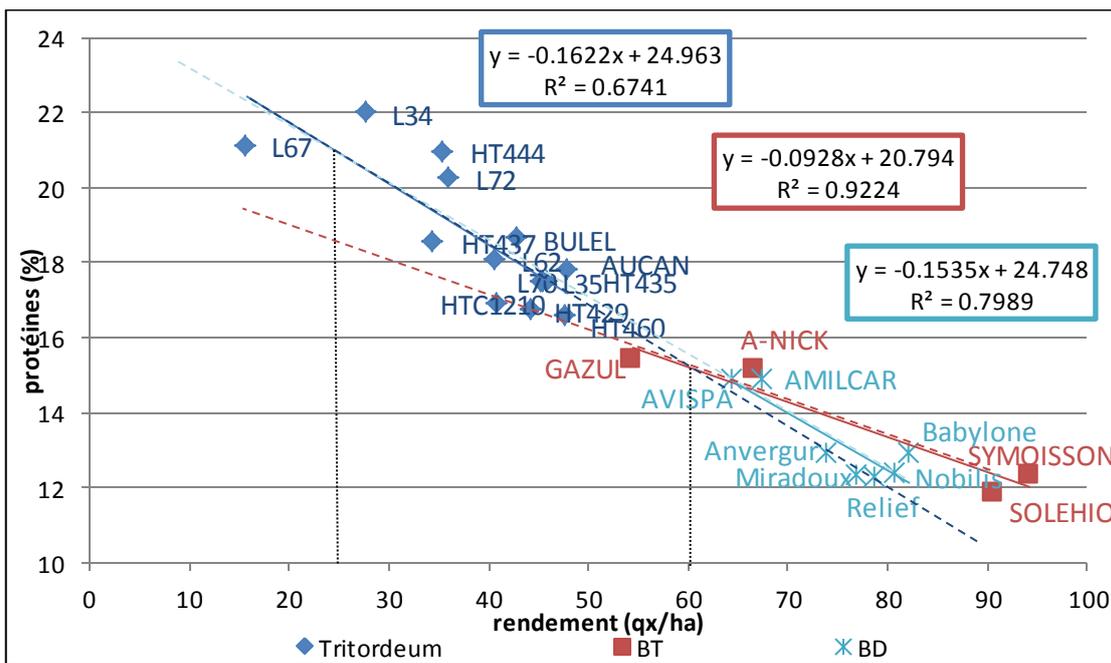


Figure 17 : courbe de réponse rendement/protéine – Essais Multilocal (2 lieux)

### 6.2.2.2. Une teneur en protéines qui répond positivement à la fertilisation azotée

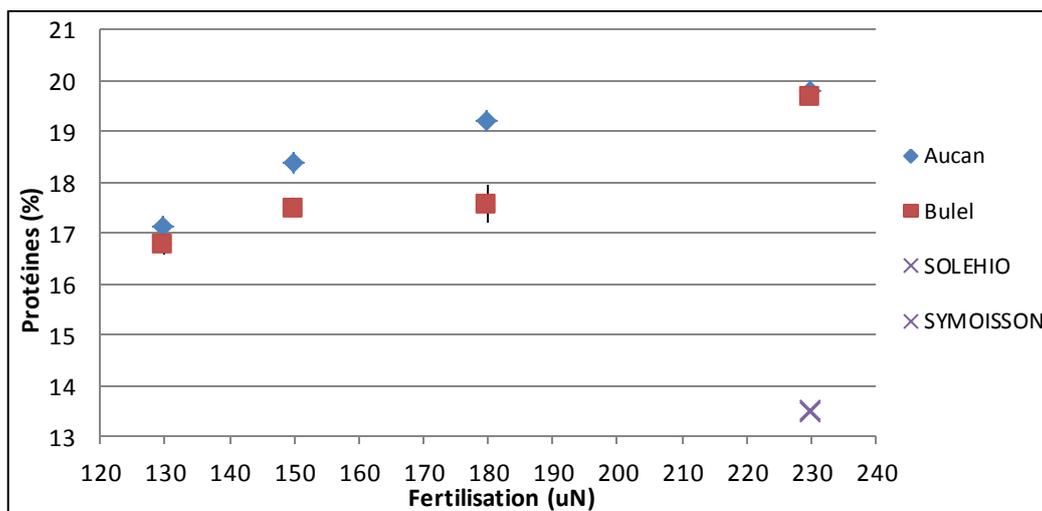


Figure 18 : courbe de réponse de la teneur en protéine en fonction de la fertilisation azotée

Aucan a un taux de protéines statistiquement supérieur à celui de Bulel. Le taux de protéines de l'espèce tritordeum obtenu avec 130uN est significativement inférieur à celui obtenu avec 150 ou 180uN (Annexe 18). Ces deux dernières doses n'entraînent pas des taux de protéines significativement différents bien qu'une tendance se dessine selon laquelle plus la dose d'azote apportée est élevée, plus le taux de protéines est élevé (Figure 18). Pour une même dose d'azote apportée (230uN), le taux de protéines du tritordeum atteint 146% de celui des blés tendres.

## 6.3. Le tritordeum, une nouvelle espèce au profil technologique intéressant

### 6.3.1. Comparaison de méthodes de panification

La première partie des résultats consiste en le choix d'une méthode d'analyse de la qualité technologique, adaptée au tritordeum. Trois analyses ont été réalisées sur un échantillon standard espagnol de bonne qualité : un alvéographe de Chopin, une panification recette tradition française et une panification recette Agrasys.

Tableau 23 : comparaison des trois méthodes d'analyse technologique sur tritordeum

W	Alvéographe de Chopin					Panification	
	P/L	P	L	G	IE	Tradition française	Agrasys
90	0.32	40	130	24.7	31.1	243.0	250.5

Les résultats obtenus avec l'alvéographe de Chopin (méthode BIPEA) (Tableau 23) déterminent les qualités rhéologiques de la farine. Ils révèlent une valeur boulangère (W), très faible. Or pour un W inférieur à 150, le blé tendre est considéré comme non panifiable. Ce résultat s'explique par le fait que la méthode appliquée exerce sur la pâte une vitesse de rotation très élevée, détruisant le réseau de gluten. Les qualités du gluten étant différentes pour le tritordeum, la méthode a donc été considérée comme non adaptée au tritordeum.

Concernant les deux méthodes de panification, la note de panification obtenue avec la recette Agrasys est supérieure à celle obtenue avec la recette Tradition Française. Ceci s'explique par la

différence d'hydratation (comme l'indique les recettes présentes en annexe 11 et annexe 12). En effet, dans la recette Agrasys l'hydratation est fixée à 65% ce qui vaut une note de 6 sur le diagramme de notation. Au contraire, dans la recette Tradition française, elle est modulée selon la consistance. Le tritordeum nécessitant une hydratation plus faible qu'un blé tendre, la note hydratation est toujours de 0. Le barème hydratation a donc été adapté à l'espèce (voir Annexe 23). Avec cette grille adaptée, la recette Tradition française permet d'obtenir une meilleure note (255) que la recette Agrasys et un pain esthétiquement plus « beau ».

C'est cette recette et ce barème qui ont donc été utilisés pour la suite des analyses.

### 6.3.2. Un bon comportement en panification du grain récoltes 2016-2017

Comme l'illustrent les figures 19 à 21, globalement la note panification du tritordeum est plutôt bonne, c'est-à-dire supérieure à 250. Seuls quelques points décrochent. La note de panification moyenne de l'ensemble des échantillons analysés (24) est de 250.5. Il n'y a pas de différence statistique entre les deux variétés (Annexe 22), bien que Aucan (note panification moyenne=262.8) semble meilleur que Bulel (note panification moyenne=245.4). La note panification obtenue en bio est non significativement inférieure à celle obtenue en culture conventionnelle.

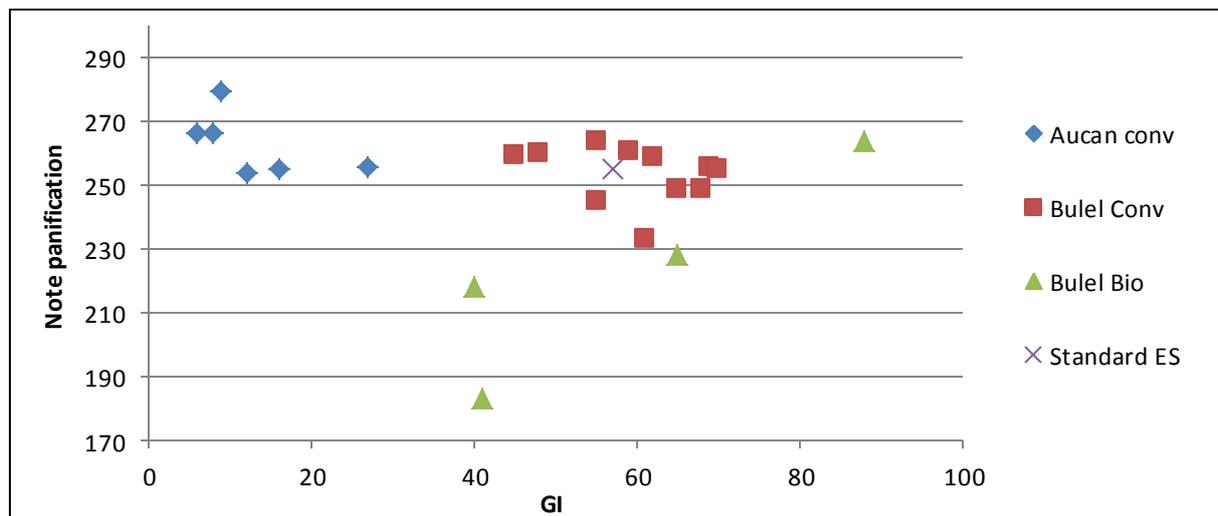


Figure 19: note panification en fonction du gluten index (GI)

Le graphique présent en Figure 19, montre la différence de profil de gluten entre Aucan et Bulel. Aucan se caractérise par une valeur de Gluten Index faible, inférieure à 50, son profil est donc plutôt extensible. Au contraire, Bulel a un GI plus élevé, en moyenne égal à 60, son profil est donc plutôt équilibré. Il ne semble pas y avoir d'impact du mode de production (conventionnel ou biologique) sur le gluten index.

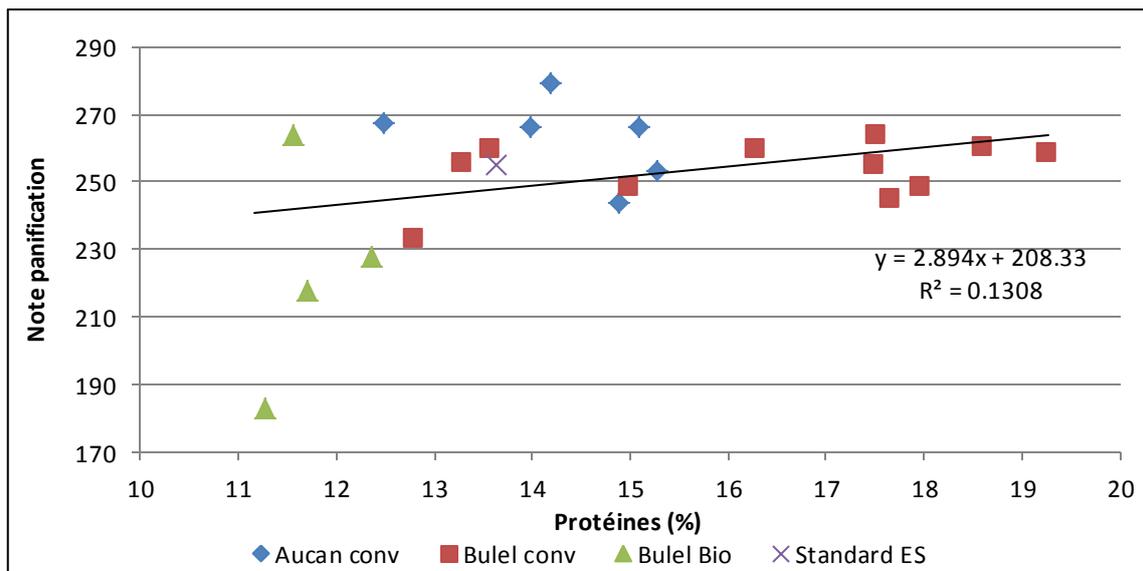


Figure 20 : note panification en fonction du taux de protéines (%)

Sur la Figure 20, une tendance se dessine selon laquelle la note panification est quelque peu supérieure avec plus de protéines. Cependant, il n’y a pas d’effet significatif du taux de protéines sur la note panification (Annexe 22). Pour un seuil de protéines inférieur à 12%, la note de panification moyenne est inférieure à 240. Entre 12 et 13% de protéines, la note de panification est moyenne : elle est inférieure à 250. Au-delà de ce seuil, la note moyenne obtenue est supérieure à 250 (voir résultats en Annexe 22).

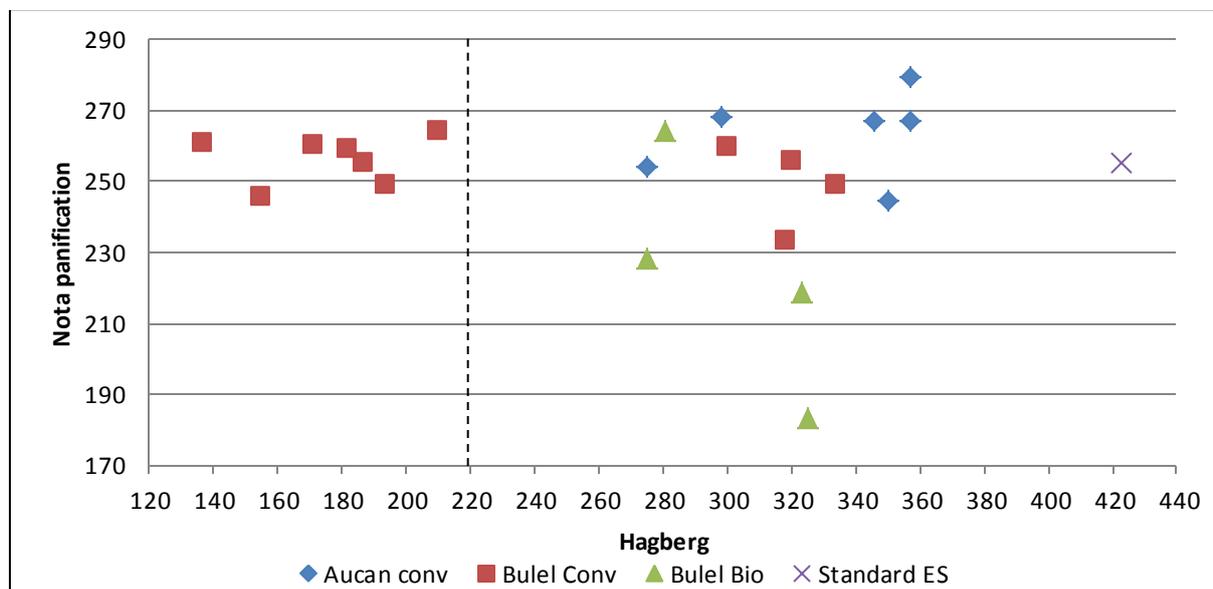


Figure 21 : note panification en fonction du temps de chute de Hagberg

Sur le critère chute de Hagberg, le tritordeum semble en général respecter la norme minimale de 220, fixée en blé tendre (Figure 21). Sept échantillons ont un indice de chute de Hagberg très faible. Ce sont des échantillons provenant du même organisme stockeur et donc de la même région agronomique. Si on exclut les sept échantillons hors normes, l’indice de chute de Habgerg moyen est de 325. Il ne semble pas y avoir de différence entre les variétés et les modes de production. De plus, la note de panification ne semble pas être impactée par cet indice.

Comme illustré dans la synthèse des résultats technologiques en annexe 24, l'indice de jaune moyen de l'espèce est de 16.5 ce qui est largement supérieur au témoin blé tendre à farine jaune Nirvana qui a un b\* de 14.

Les essais de panification réalisés sur l'espèce sont concluants. Le tritordeum semble bien adapté à la panification Tradition française, notamment grâce à son haut niveau de protéines. Aucan a un profil plutôt extensible et une note de panification légèrement supérieure à Bulel qui tend à être équilibré.

## 6.4. L'organisation de la filière tritordeum

Les échanges avec les différents acteurs et les retours d'expérience ont permis d'identifier les moyens à mettre en œuvre pour construire une filière spécifique au tritordeum schématisée en Figure 22.

### 6.4.1. Une production de semences gérée par Agri-Obtentions

Le premier maillon de la filière regroupe Agrasys et Agri-Obtentions (AO). En effet, c'est bien la société Agrasys qui détient les droits exclusifs de commercialisation de l'espèce. La multiplication de semences, elle est gérée par Agri-Obtentions à l'échelle nationale. Cette multiplication est effectuée chez des agriculteurs partenaires multiplicateurs sous contrat. Pour garantir la qualité des semences produites, ces dernières doivent respecter des normes (faculté germinative et pureté) basées sur le blé tendre.

### 6.4.2. Une production de grain entièrement contractualisée et suivie

Comme le montre la Figure 22, la production s'effectue en lien avec des organismes stockeurs (OS). Les échanges de matière entre Agri-Obtentions et les OS sont formalisés par la mise en place de « **contrat de production organisme collecteur** » (Annexe 25). Les OS choisissent de manière rigoureuse leurs agriculteurs producteurs de tritordeum. Ce choix est formalisé par un « **contrat de production agriculteur** » (Annexe 26). AO travaille en lien avec la société THD pour établir ces contrats. Aucune semence n'est distribuée sans signature et accord des clauses du contrat par l'OS et les agriculteurs.

Des **fiches parcellaires** (Annexe 27) et des **fiches traçabilité matière** ont été établies et transmises aux OS, grâce aux conseils de Thierry Hache notamment.

La fiche parcellaire reprend toutes les informations relatives à la caractérisation de la parcelle (surface, type de sol, précédent, etc.), à son implantation (date et densité de semis, travail du sol, etc.), aux interventions en culture (fertilisation, traitements phytosanitaires, etc.) jusqu'à la récolte (rendement, qualité, etc.).

Comme son nom l'indique, la fiche traçabilité matière mise au point par Thierry Hache, a pour but de suivre le tritordeum, de la semence à la récolte. Pour cela, sont reprises les informations sur :

- les quantités de semences distribuées : variété, N°lot, volume. Ces informations sont reprises dès l'envoi des semences.
- la mise en culture : N° ilot, surface, technicien. Ces informations doivent être transmises par l'OS après le semis.
- la collecte et le stockage : lieu, personne référent, certification, etc. Ces informations sont recueillies courant mai.

Ce suivi parcellaire permet d'assurer la traçabilité de la filière et également d'acquérir des données techniques, notamment sur l'itinéraire technique cultural de l'espèce.

Le tritordeum étant une espèce dont le battage nécessite des réglages de précision, un protocole pour la récolte a été mis en place (Annexe 28). Il est envoyé aux OS début juin pour leur rappeler au combien il est important de porter attention au battage de la culture et leur apporter quelques conseils.

#### 6.4.3. Une collecte normée

La production de tritordeum est collectée et stockée chez les OS sur le lieu prédéfini via la fiche traçabilité matière.

Afin d'assurer la qualité de la production, des **normes d'agrèges** spécifiques au tritordeum ont été mises en place (Annexe 29). Elles reprennent les normes qualitatives à respecter au niveau de la teneur en eau, des impuretés, du PS, de la teneur en protéines et de l'indice de chute de Hagberg. La rémunération de l'agriculteur dépend de la conformité de sa production à ces normes.

Afin de vérifier la qualité de la production, un **système d'échantillonnage** a été mis en place. À la récolte, 10kg de grain par parcelles doivent être prélevés et transmis à AO. Ces échantillons permettront de faire des analyses physico-chimiques et technologiques et de s'assurer de la qualité des lots avant de les valoriser en meunerie. Les résultats constituent également une base de données techniques pour établir au fur et à mesure des normes d'agrèges cohérentes avec l'espèce tritordeum.

Par exemple, pour la récolte 2017, aucune réfraction n'ont été rédigées de manière précise pour le tritordeum car les connaissances sur l'espèce restent encore très limitées et donc les seuils établis mal connus. Des normes d'agrèges ont été rédigées afin d'apporter aux agriculteurs un cadre. Cependant, dans l'optique d'encourager les pionniers, peu de réfractions sont imposées même en cas de léger défaut qualitatif. Ceci est jugé au cas par cas en post-récolte. C'est un moyen d'encourager les premiers producteurs, mais ceci peut également leur porter confusion. Pour 2018, avec l'acquisition de plus de données, il sera important de revoir et d'adapter les normes d'agrèges et de mettre en place une grille de réfraction relative au tritordeum.

Pour s'assurer de la qualité de la production, certaines « règles » ont été mises en place comme par exemple l'obligation de séparer les lots de parcelles non conformes aux normes d'agrèges. Ceci dans l'objectif d'éviter tout risque de contamination de bons lots par des lots de mauvaise qualité.

#### 6.4.4. Un système de commercialisation atypique

La production de tritordeum est contractualisée entre l'OS et AO pour le rachat du grain. La production est intégralement rachetée par Agri-Obtentions. Pour cela des contrats dits **contrats d'achat** (Annexe 30) ont été construits par Thierry Hache. Ces contrats sécurisent les flux entre AO et les OS c'est-à-dire qu'ils garantissent :

- une quantité
- une qualité, faisant référence aux normes d'agrèges
- un prix fixé avant la mise en terre
- des conditions de livraison
- le respect de conditions d'utilisation définies dans les contrats de production

### 6.4.5. Une contractualisation jusqu'à la transformation en farine

Ce grain est ensuite revendu à des meuniers sous licence pour être transformé en farine. Pour cela, des **contrats de mouture** tri partie entre Agrasys, Agri-Obtentions et les meuniers sont mis en place. Ils définissent les conditions pour la vente de farine issue de tritordeum et indiquent des prix indicatifs.

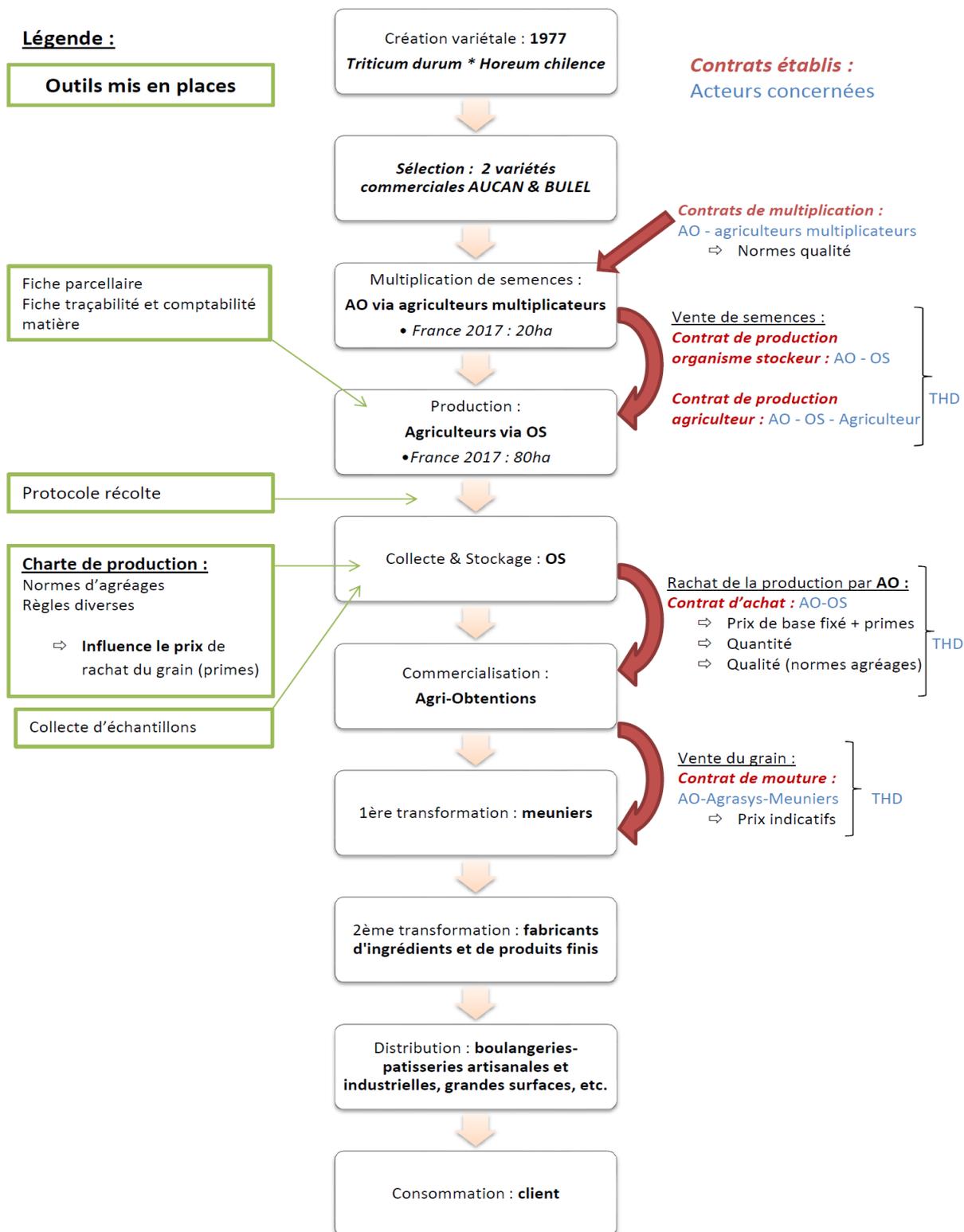


Figure 22 : structure de la filière tritordeum

## 6.5. Structure de coût et marge pour chaque acteur

Tableau 24 : structure de coût tritordeum

	Céréale	Tritordeum	Tritordeum
Canal		Artisan	Artisan
Culture		Conventionnel	Biologique
Origine		France	France
prix rachat grain agriculteur	€/TG	220	380
prime "Qualité" agriculteur	€/TG	30	30
prime "Pionniers" agriculteur	€/TG	30	40
prix achat grain départ ferme	€/TG	280	450
marge collecte	€/TG	35	45
<b>prix achat grain départ os</b>	<b>€/TG</b>	<b>315</b>	<b>495</b>
AO	€/TG	59	120
Agrasys	€/TG	81	165
<b>License</b>	<b>€/TG</b>	<b>140</b>	<b>285</b>
TH	€/TG	10	10
<b>prix grain départ</b>	<b>€/TG</b>	<b>465</b>	<b>790</b>
transport	€/TG	20	20
<b>prix grain rendu moulin</b>	<b>€/TG</b>	<b>485</b>	<b>810</b>
<b>farine</b>	<b>€/TF</b>	<b>1050</b>	<b>1400</b>
rendement farine	%	0,72	0,72
valeur farine	€/TG	756	1008
<b>sons</b>	<b>€/TS</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
rendement sons	%	0,28	0,28
valeur sons	€/TG	28	56

### 6.5.1. Rémunération et marge brute dégagée par l'agriculteur

#### 6.5.1.1. Un prix de base fixe, complété de primes potentielles

Comme le montre le tableau 24, le prix de base indicatif pour les agriculteurs est de 220€/t en conventionnel et 380€/t en biologique. Ce prix peut être gradué de plusieurs primes pour les agriculteurs :

- une prime « engagement et qualité », payée si les différents moyens de traçabilité mis en œuvre ont été complétés (fiche parcellaire, fiche traçabilité et comptabilité matière, échantillons post-récolte) et si les normes de qualité ont été respectées (normes d'agrèage). Elle est peut varier de 0 à 30€/t.
- une prime « pionnier », pour les premiers agriculteurs engagés dans le développement du tritordeum.

Si toutes les primes sont obtenues, le prix conseillé par AO à l'OS pour l'agriculteur est de 280€/t en conventionnel et 450€/t en biologique.

#### 6.5.1.2. Comparaison de la marge brute entre le tritordeum et le blé, en agriculture conventionnelle

En considérant les charges opérationnelles calculées dans le Tableau 12, plusieurs simulations ont été réalisées (Figure 23). Comme le montre le graphique, pour un rendement moyen en tritordeum conventionnel de 3t/ha (moyenne R2017), la marge brute dégagée est de 400€/ha. Pour obtenir cette même marge, un agriculteur produisant du blé tendre à 125€/t, doit alors obtenir un rendement de 6.2t/ha. Au-delà, la marge est supérieure. Pour dégager une marge brute similaire, le rendement d'un tritordeum payé 280€/t à l'agriculteur doit atteindre 46 à 47% d'un blé tendre payé 125€/t à l'agriculteur. Plus le prix du blé tendre augmente, plus cette différence de rendement

acceptable diminue. En effet, le rendement à atteindre pour égaler un blé tendre payé 165€/t est de 60 à 62% de celui-ci.

En comparaison au blé dur, la marge brute dégagée par le tritordeum est supérieure à celle d'un blé dur valant 245€/t si le rendement est inférieur ou égal à 3.5t/ha (Figure 23).

Enfin un producteur de blé améliorant (BAF), d'un potentiel moyen de 5t/ha, dégagera une meilleure marge brute en tritordeum si le prix d'un BAF est inférieur ou égal à 160€/t (Figure 23).

### 6.5.1.3. Comparaison de la marge brute entre le tritordeum et d'autres espèces, en agriculture biologique

Avec la chaîne de valeur actuelle, comme le montre la Figure 24, un tritordeum biologique produisant 2.5t/ha dégage une marge brute de 950€/ha (cas 1) voire 900€/ha en semant à 550gr/m<sup>2</sup> (cas 2). Pour obtenir cette même marge brute de 950€/t, un producteur de blé tendre biologique valant 400€/t devra obtenir un rendement de 2.7t/ha. Pour un rendement blé tendre supérieur, la marge brute obtenue est élevée. Plus le prix du blé tendre augmente, plus de rendement à atteindre pour dégager une marge brute similaire est faible.

Si l'on compare avec un blé dur, la marge brute dégagée par le tritordeum (cas 1) est supérieure à celle d'un blé dur valant 280€/t si le rendement du blé dur est inférieur ou égal à 2.4t/ha (Figure 24).

Le grand épeautre étant vendu plus cher, quel que soit le rendement réalisé en tritordeum, la marge brute dégagée par la culture du grand épeautre pour un même niveau de rendement sera supérieure. Dans le cas du tritordeum dégageant 950€/ha de marge brute, un grand épeautre vendu 670€/t et produisant 1.7t/ha permettra le même gain (Figure 24). Pour un prix ou un rendement supérieur, la marge brute dégagée par cette espèce sera supérieure à celle du tritordeum.

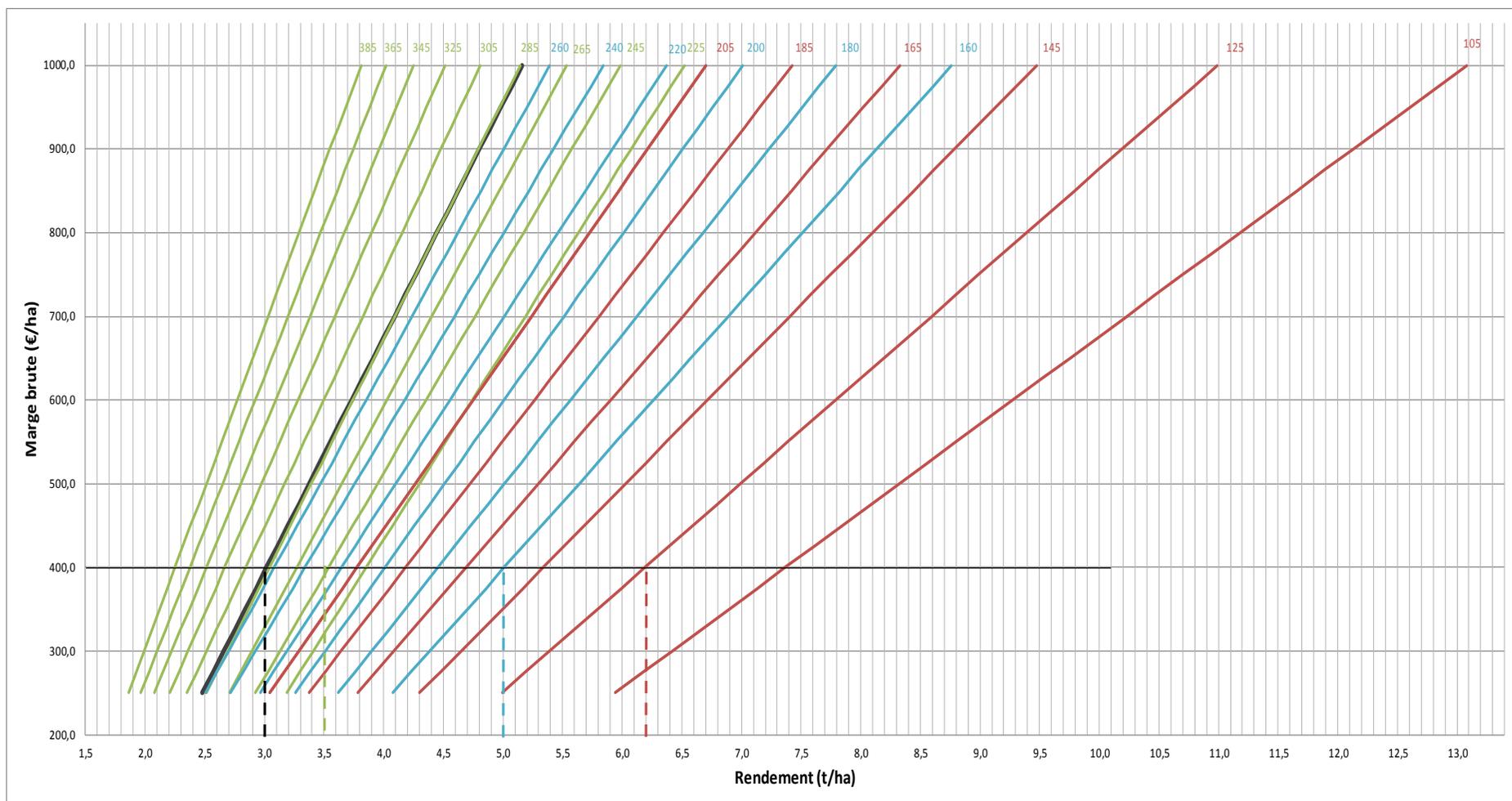


Figure 23 : comparaison de la marge brute entre le tritordeum et le blé, en agriculture conventionnelle

Légende : Rouge = Blé tendre, Vert = Blé dur, Bleu = BAF, Noir = Tritordeum

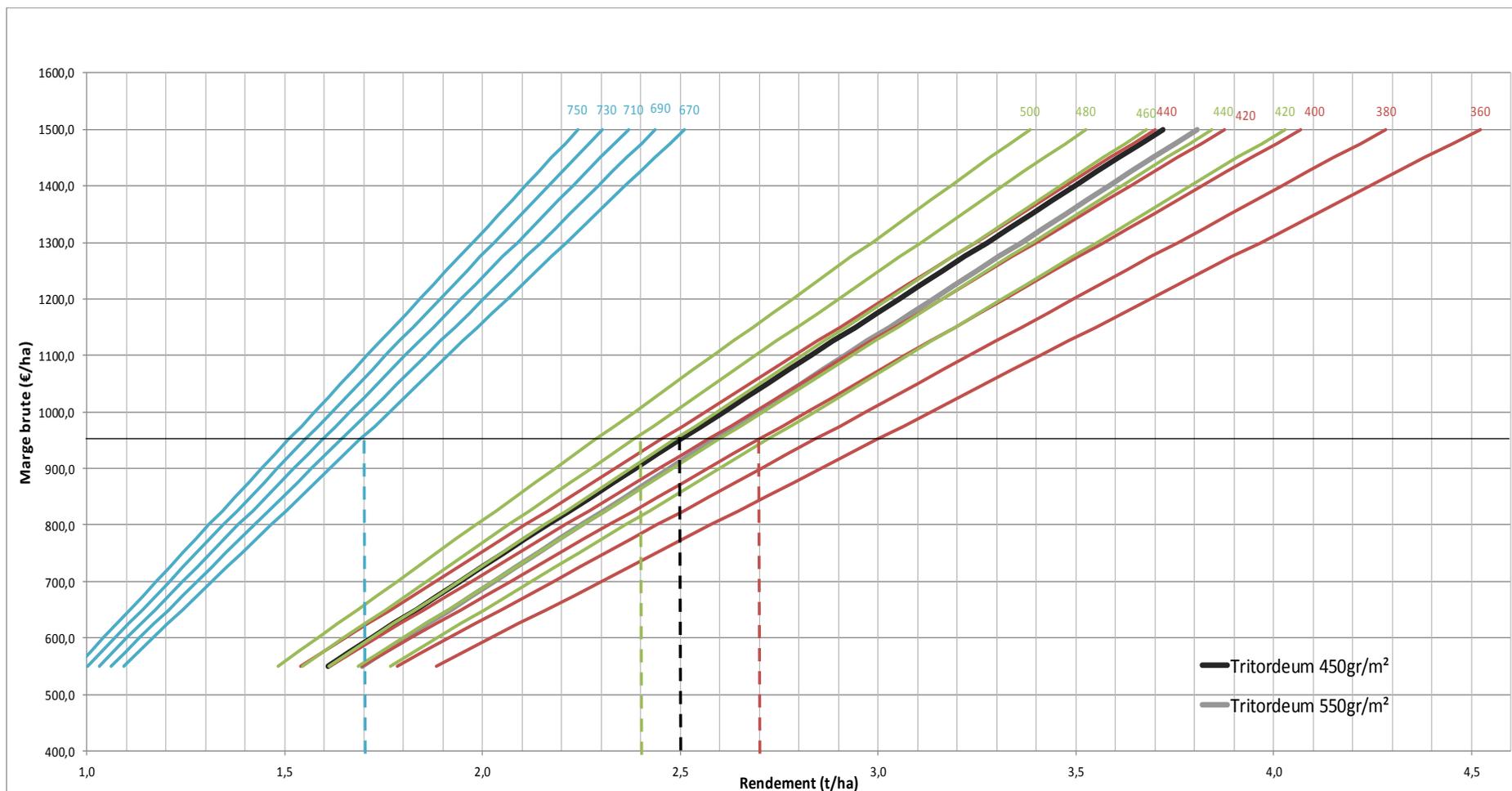


Figure 24 : comparaison de la marge brute entre le tritordeum et d'autres espèces, en agriculture biologique

Légende : Rouge = Blé tendre, Vert = Blé dur, Bleu = grand épeautre

### 6.5.2. Produit brut dégagé par les organismes stockeurs

Agri-Obtentions rachète le grain aux organismes stockeurs à un prix fixe de 255€/t en conventionnel et 425€/t en bio pour la récolte 2017. En soustrayant le prix de base payé aux agriculteurs de ces valeurs, l'OS est donc rémunéré 35€/t en conventionnel et 45€/t en biologique.

Tableau 25 : comparaison de la rémunération et produit brut dégagé pour les OS entre le tritordeum et le blé tendre

	Conventionnel		Biologique	
	Blé Tendre	Tritordeum	Blé Tendre	Tritordeum
Marge sur production vendue (€/t)	15	35	45	45
Rendement (t/ha)	6,4	3	4	2,5
<b>Produit brut (€/ha)</b>	<b>96,5</b>	<b>105</b>	<b>180</b>	<b>112,5</b>

Sources : Compilations de données de La dépêche - le petit meunier, ITAB (2015), ITAB (2016), Agreste (2017), Agri Obtentions (2017).

Comme le montre le tableau 25, la marge dégagée sur le tritordeum conventionnel est supérieure de 20€/t à celle du blé tendre. Ceci permet un meilleur produit brut. En culture biologique, la marge OS est la même quelle que soit l'espèce. Le rendement tritordeum étant inférieur à celui du blé tendre, le produit brut dégagé est donc moins élevé.

### 6.5.3. Structure de coût et marge obtenue pour les meuniers

#### 6.5.3.1. Prix indicatifs d'achat et de vente pour les meuniers

En considérant des frais de transport à 20€/t, le meunier achète à Agri-Obtentions du grain conventionnel à 485€/t et biologique à 810€/t (Tableau 25). Des prix de vente indicatifs ont été fixés pour la vente de farine. En considérant un prix de vente de la farine de tritordeum T65, conventionnelle, origine France à 1050€/t et un rendement farine du tritordeum de 72% alors la valeur de la farine est de 756€/t. Le reste étant du son vendu à 100€/t, la valeur du son est de 28€. Dans ce schéma de structure de coût, la clé d'entrée est la licence au meunier de laquelle en découle une production.

#### 6.5.3.2. Comparaison de la marge meunière entre le tritordeum, le blé tendre et l'épeautre

Pour le meunier, la marge dégagée avec de la farine de tritordeum conventionnelle est 4% inférieure à celle dégagée avec de la farine de blé tendre. La farine de tritordeum conventionnel peut être vendue 75% plus chère que la farine de blé tendre. En revanche, le prix du grain est plus de deux fois plus élevé. En bio, la marge réalisée avec du tritordeum est 3% inférieure à celle réalisée avec la farine de blé tendre bio (Tableau 26). La farine de tritordeum bio est aujourd'hui vendue 40% plus chère que la farine de blé tendre. Le prix du grain est 75% plus élevé. La farine de petit épeautre dégage une meilleure marge que le blé tendre et le tritordeum.

Tableau 26 : comparaison de la marge meunier entre le tritordeum, le blé tendre et le petit épeautre

	Céréale	Blé tendre	Tritordeum	Blé tendre	Tritordeum	Petit Epeautre
Canal		artisanal	artisanal	artisanal	artisanal	artisanal
Culture		Conventionnel		Biologique		
Origine		France	France	France	France	France
prix grain départ	€/TG	150	465	460	790	1000
transport	€/TG	10	20	20	20	2000
prix grain rendu moulin	€/TG	160	485	480	810	1000
Farine	€/TF	600	1050	1000	1400	2000
rendement farine	%	0,78	0,72	0,78	0,72	0,72
valeur farine	€/TG	468	756	780	1008	1440
sons	€/TS	100	100	200	200	200
rendement sons	%	0,22	0,28	0,22	0,28	0,28
valeur sons	€/TG	22	28	44	56	56
valeur farine+sons	€/TG	490	784	824	1064	1496
différence valeur f+s et prix grain	€/TG	340	319	364	274	496
cout prod, transp....	€/TG	150	150	150	80	150
cout cert	€/TG			25	25	25
marge meunier	€/TG	190	169	189	169	321
marge meunier	€/TF	244	235	242	235	446
différence avec blé en %	%		-3,64		-3,13	83,99

Sources : Compilations de données de La dépêche - le petit meunier, Agri Obtentions (2017), Agrasys (2017)

#### 6.5.4. Rémunération d'Agri-Obtentions, Agrasys et Thierry Hache

Entre le prix d'achat du grain payé par AO aux OS et celui du grain revendu par AO aux meuniers, il existe un delta de 150€/t en conventionnel et 295€/t en bio (Tableau 24). Cette marge est répartie entre Agri-Obtentions, Agrasys et Thierry Hache qui sont trois maillons essentiels au développement de la filière tritordeum en France.

La société THD est rémunérée à hauteur de 10€/t.

AO et Agrasys sont rémunérés via une licence sur la production vendue répartie à 42.2% pour AO et 57.8% pour Agrasys soit respectivement 59 et 91€/t en conventionnel et 120 et 165€/t en biologique. Ce type de rémunération n'existe pas sur le blé tendre. En complément, pour AO, une royauté est présente sur la vente de semences (15€/quintal contre 7,83€/q en blé tendre) (Tableau 27).

Tableau 27 : rémunération de la filière tritordeum pour Agri-Obtentions

	Conventionnel		Biologique	
	Blé Tendre	Tritordeum	Blé Tendre	Tritordeum
Marge sur semences vendues €/qx	7,83	15	7,83	15
Densité semis (qx/ha)	1,2	1,3	1,6	1,6
<b>Marge à l'hectare €/ha</b>	<b>9,396</b>	<b>19,5</b>	<b>12,528</b>	<b>24</b>
Licence sur la production vendue (€/t)	0	59	0	120
Rendement (t/ha)	-	3	-	2,5
<b>Produit brut €/ha</b>	<b>-</b>	<b>177</b>	<b>-</b>	<b>300</b>
<b>Produit total €/ha</b>	<b>9,396</b>	<b>196,5</b>	<b>12,528</b>	<b>324</b>

Source : Agri Obtentions (2017).

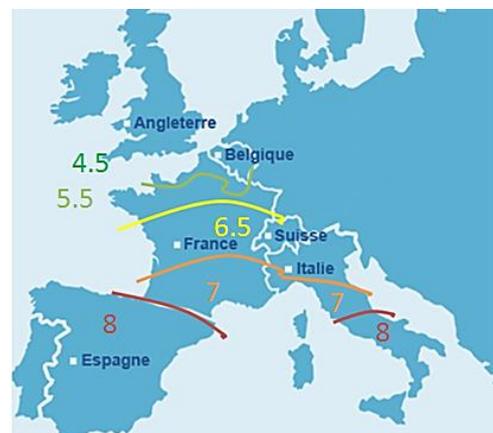
## 7. Discussion

### 7.1. Un positionnement géographique spécifique et un itinéraire technique à adapter

#### 7.1.1. Une espèce adaptée pour le sud de la France

D'après l'ensemble des résultats, le potentiel de rendement du tritordeum en France semble assez faible (environ 45% d'un blé tendre). Etant donné les conditions pédoclimatiques, en France les rendements des blés sont nettement plus élevés qu'en Espagne. Par exemple, la moyenne de rendement blé tendre sur 2015-2016 en France métropolitaine est de 65.5qx/ha contre 32.3qx/ha en Espagne (Eurostat, 2017b). Ceci explique donc que la différence de rendement entre le blé tendre et le tritordeum soit beaucoup plus élevée en France qu'en Espagne. D'après les résultats des essais multilocaux, le tritordeum se situe à 66% du rendement des témoins BT espagnols et la meilleure lignée réalise 80% de ces témoins espagnols. Le tritordeum semble donc moins compétitif en France qu'en Espagne, ce qui peut s'avérer être une limite au développement de l'espèce.

Cependant, un positionnement géographique est nécessaire compte tenu de la précocité de l'espèce. D'après l'ensemble des résultats, le tritordeum est une espèce très précoce à épiaison (note officielle de 7 à 8) et montaison. Ceci est cohérent étant donné son origine de sélection (Andalousie). De plus, au niveau froid, sur une année « normale », le tritordeum apparaît sensible. L'arrivée du froid sur le site d'essai a été progressive permettant un très bon durcissement (pas de gel précoce) suivi de périodes assez froides en janvier (-20°C sur cinq jours). Malgré cela, le tritordeum révèle une sensibilité au froid, il semble réagir comme un blé dur. Ces propriétés réduisent donc son positionnement géographique optimal à la zone sud (zone de précocité minimale 7 sur la Figure 25). Certes il est possible de semer des variétés précoces plus au nord, en privilégiant les dernières dates de semis pour éviter les risques de gel (Arvalis, 2012) mais elles n'exprimeront pas complètement leur potentiel. Sur cette zone sud, certains lieux comme la vallée du Rhône, la bordure des Pyrénées, etc., où des froids tardifs peuvent avoir lieu, sont à éviter. En effet, des gelées tardives sur des variétés très précoces peuvent causer des dégâts de gel sur épi (Arvalis, 2012).



**Figure 25 :** positionnement géographique des variétés de blé tendre en fonction de la précocité  
Source : Agri-Obtentions (2017)

Un autre type de zone semble à éviter, ce sont les zones océaniques. En effet, sur certains échantillons de production provenant de la région Charente-Maritime, l'indice de chute de Hagberg est très faible. C'est un indicateur de reprise d'activité des amylases du grain suite à un levé de dormance, qui peut se manifester par la germination du grain. Au niveau technologique, il ne semble pas y avoir d'impact sur la qualité de la panification. En revanche, agronomiquement cette levée de dormance signifie que le tritordeum peut être sensible à la germination sur pied. Les situations à risque sont des températures anormalement hautes à partir du stade grain laiteux – pâteux,

entraînant la levée de dormance, suivit de conditions humides entraînant la germination du grain quelle que soit la température (Arvalis, 2012). La prévalence de pluie en fin de cycle dans cette région peut expliquer la sensibilité du tritordeum à la baisse du temps de chute de Hagberg sur cette zone uniquement.

Ce positionnement géographique basé sur un comportement physiologique de la plante est cohérent avec un rendement inférieur au blé puisque dans le sud, le potentiel de rendement est souvent plus faible (FranceAgriMer, 2016). Ainsi les écarts de rendement entre un tritordeum et un blé tendre ou blé dur peuvent être réduits. Par exemple, dans le Sud-Ouest à l'Isle Jourdain le tritordeum réalise 57.6% des témoins blé tendre sur l'essai LAS contre 32.3% à Levroux, situé en région centre. C'est sur les lieux sud (IJ, SP) que le tritordeum a exprimé le meilleur potentiel.

La variable type de sol est également à prendre en compte. En étudiant les résultats des parcelles de productions (Annexe 31 et Annexe 32) il en ressort que les rendements sont meilleurs dans des terres plus profondes, au bon potentiel. Néanmoins pour placer le tritordeum sur des bonnes terres il faut qu'il soit compétitif avec les variétés de blé tendre. Ce n'est pas le cas aujourd'hui. Il faudrait donc cibler les zones à plus faible potentiel blé tendre ou blé dur, à savoir les terres superficielles, séchantes en fin de cycle, à faible réserves hydriques et valoriser ces terres avec le tritordeum. Il est nécessaire dans les futures campagnes d'acquérir des connaissances sur l'adaptation du type de sol à l'espèce.

La précocité du tritordeum peut également être une opportunité dans les années futures dans un contexte où le réchauffement climatique amènera à cultiver des variétés aujourd'hui présentes dans les zones sud plus au nord.

### 7.1.2. Une espèce peu gourmande en intrants

#### 7.1.2.1. Une bonne tolérance aux maladies du feuillage

En comportement maladie, le tritordeum semble plutôt résistant aux maladies foliaires présentes en France. Les observations réalisées par les agriculteurs sur les parcelles de production confortent ce critère. De plus, il n'y a généralement pas d'effet du traitement fongicide sur le rendement dans les essais, et les écarts entre zone traitée et zone non traitée fongicide sont plus faibles que pour le blé tendre. Ceci amène donc à penser que le tritordeum est plus résistant aux maladies et pourrait être une espèce répondant aux enjeux réglementaires et environnementaux présentés précédemment. De plus, il pourrait s'inscrire sur un créneau agriculture biologique.

#### 7.1.2.2. Une bonne valorisation de l'azote

La réponse du rendement du tritordeum à la fertilisation azotée n'est pas significative sur l'essai fertilisation. Il semblerait que le plateau de rendement soit déjà atteint avec 130 unités d'azote apportées. La courbe de réponse du rendement tritordeum à la fertilisation azotée doit certainement exister pour des apports en azote beaucoup plus faibles. En revanche, la dose d'azote apportée à un effet significatif sur le taux de protéines jusqu'à 150uN apportées, au-delà le gain en protéines n'est plus significatif.

Il serait intéressant de réaliser un nouvel essai fertilisation en apportant de très faibles doses d'azote. Ainsi il serait peut-être possible d'observer une augmentation du rendement avec la fertilisation azotée et de définir une dose d'azote optimale au-dessus de laquelle le rendement n'est pas significativement augmenté. En parallèle, il faudrait étudier l'évolution des teneurs en protéines avec

la fertilisation azotée pour définir quelle dose d'azote permet d'obtenir une bonne teneur en protéines, c'est-à-dire suffisante pour avoir un bon comportement en panification, sans être dans les extrêmes. En effet, dans les essais, avec un apport de 180uN la teneur en protéines avoisine déjà les 17%, valeur très élevée. Si la qualité de panification est similaire avec une teneur plus faible en protéines, alors il est inutile de fertiliser pour en produire plus.

Le tritordeum semble mieux valoriser l'azote que le blé tendre. Des économies pourraient donc être faites sur le poste fertilisation azotée, ce qui réduirait les charges opérationnelles et permettrait d'augmenter la marge brute.

### 7.1.2.3. Un point de vigilance : la fusariose

Une limite semble exister sur l'accumulation de mycotoxines Déoxynivalénols (DON) dans les grains de tritordeum. En effet, selon les lieux, le tritordeum apparaît sensible. Certains lots des parcelles de production sont hors normes, surtout en 2016 (Annexe 24) où la pression fusariose était plus forte. Le tritordeum semble donc sensible à la fusariose et aux mycotoxines. Les lots non conformes sont aussi bien conventionnels que bio. En conventionnel il sera possible d'appliquer un traitement sur épi en plus. Cependant, ceci représente un coût supplémentaire et donc une augmentation des charges du poste phytosanitaire. En culture biologique cette sensibilité risque de poser certains problèmes lors des années à forte pression puisqu'aucun traitement n'est possible. Comme l'explique Arvalis (2012), les facteurs de risque sont le précédent (notamment le maïs ou le sorgho), l'absence de travail du sol et de destruction des résidus (le labour et l'enfouissement ou broyage des résidus sont nécessaires). Des facteurs climatiques comme une forte humidité lors de l'épiaison peuvent causer l'apparition de la fusariose. Il faudra donc optimiser ces différents facteurs agronomiques pour limiter le risque de fusariose.

### 7.1.2.4. Une sensibilité à la verse variable selon les géotypes

Sur de nombreux essais, Bulel se démarque par sa sensibilité à la verse. Ce phénomène se confirme dans les parcelles de production. Le risque de verse dépend de trois principaux facteurs qui sont la génétique, le niveau de fertilisation azotée, et la densité de peuplement (Arvalis, 2012). D'après les résultats des essais fertilisation, la réduction de la fertilisation azotée semble être un levier agronomique pertinent pour réduire la verse. En revanche, la densité de semis n'a, dans cette étude, pas montré d'impact sur le niveau de verse.

En conventionnel, en plus d'une bonne maîtrise des techniques culturales, l'utilisation de régulateurs de croissance s'avère être un levier efficace. Il faut cependant porter attention au choix du produit afin d'éviter tout risque de phytotoxicité. Dans les essais réalisés, Cycocel semble être le régulateur le plus efficace sur le tritordeum. De plus, il permet potentiellement d'augmenter le rendement. Ceci s'explique par le fait que lorsque la hauteur de paille est réduite, la plante optimise son énergie dans la formation et le remplissage des grains.

En Espagne, aucuns problèmes de fusariose, de verse ou de baisse du temps de chute de Hagberg n'existent. Ainsi il paraît logique que le tritordeum soit sensible à ces paramètres puisqu'aucune sélection n'a été réalisée sur ces critères. En France, il est donc important d'effectuer un travail de screening afin de sélectionner des lignées plus résistantes à ces critères.

### 7.1.3. Des axes de recherche variétale pour améliorer les caractères agronomiques

De nombreux progrès génétiques sont à faire sur l'espèce afin d'avoir des variétés plus adaptées au contexte pédoclimatique français. D'après le screening variétal, il existe une large variabilité génétique entre les différentes lignées en cours de sélection. Aujourd'hui aucune variété ne semble apporter un gain de rendement significatif. Cependant, pour un potentiel de rendement similaire, certaines lignées apportent un plus sur la résistance à la verse (HT429 par exemple). Certains critères comme les composantes de rendement peuvent être améliorés via la génétique. D'après les résultats d'essai, le PMG ne semble pas être la composante de rendement la plus limitante, en revanche la fertilité épi faible pourrait expliquer le faible potentiel de rendement du tritordeum. C'est un axe de travail génétique pour augmenter le potentiel de rendement de l'espèce.

Malgré quelques points de vigilance, le tritordeum semble s'intégrer dans une démarche d'agriculture durable étant donné sa faible demande en intrant et s'adapter au contexte pédoclimatique du sud de la France. Plusieurs années d'expérimentation sont encore nécessaires afin d'acquérir d'avantage d'informations et accumuler plus de recul.

## 7.2. Applications technologiques : diverses opportunités s'ouvrent au tritordeum

Il est difficile de trouver des corrélations expliquant la panification. En effet, même pour le blé tendre, peu d'indicateurs expliquent statistiquement la panification. Ceci est dû au fait que de nombreux facteurs et interactions entre ces facteurs expliquent le comportement en panification d'une variété (Meleard, 2015).

### 7.2.1. Une espèce adaptée à la panification Tradition française

L'espèce tritordeum semble répondre favorablement à la panification méthode Tradition française avec une note moyenne sur l'ensemble des échantillons de 250. Il semblerait qu'il y ait un seuil à 13% de protéines inférieur auquel la note de panification est dégradée. Sachant que les modes de production bio sont généralement moins productifs en protéines (Figure 20), les grains biologiques de tritordeum risquent d'être moins qualitatifs en termes de panification. Cette tendance est à valider avec plus d'analyses. La méthode Tradition française est une recette classique, connue par tous les boulangers français et donc facilement applicable au niveau national. Cela facilitera la communication auprès des acteurs de la transformation et permettra de faire tester plus facilement le produit aux boulangers.

La farine de tritordeum est très jaune. Cette couleur jaune est due au taux de lutéines élevé contenu dans les grains de tritordeum (Fraser & Bramley, 2004). Ce sont, avec le profil extensible du gluten, des critères recherchés en Tradition française. Par exemple, Apache, variété de blé tendre extensible à mie jaune est beaucoup utilisée en panification Tradition française. De plus en plus de consommateurs désirent des pains à mie jaune (Atienza et al., 2007). Cette originalité pourrait être un critère de distinction qualitative auprès des meuniers, boulangers et consommateurs. Peut-être est-ce un outil marketing pertinent à mettre en avant ?

L'ensemble de ces critères font du tritordeum une espèce adaptée en panification artisanale et offrent la possibilité de développer une baguette de tradition française classique ou bio à base de tritordeum.

D'après FranceAgriMer, le prix moyen du pain en 2016 était de 3.47€/kg. Dans ce prix, les matières premières (principalement la farine) représentent 5.19% (Tableau 28). Les 3.29€ restant représentent les charges de structure, de personnel, les taxes, etc. Pour le tritordeum, dont la farine artisanale vaut 1050€/t soit 75% de plus que la farine de blé tendre, le prix des matières premières sera donc de 0.315€/kg. Ce prix représentant 5.19% du prix de la baguette, celle-ci vaudra donc 6.07€/kg. Avec cette structure de prix, la baguette (250g) de tritordeum vaudrait 1.52€.

Tableau 28 : comparaison du prix entre la baguette de blé tendre et de tritordeum

	Blé tendre	Tritordeum
<b>Prix farine artisanale (€/t)</b>	600	1050
<b>Prix baguette (€/kg)</b>	3.47	$0.315/0.0519 = 6.07$
<b>Dont prix matières premières (5.19%)</b>	0.18	$0.18+0.18*0.75 = 0.315$
<b>Prix moyen d'une baguette classique (250g)</b>	0.87	1.52

Le format de la baguette est-il le format le mieux adapté ? En effet, il paraît difficilement concevable que les consommateurs, dont le référentiel prix pour une baguette est d'un euro environ (FranceAgriMer), soient prêts à payer 1.50€ pour une baguette. Un format de type boule, ou pain bâtard serait peut-être plus adapté puisque le prix d'acceptation des consommateurs pour ce type de produit est plus élevé.

### 7.2.2. Des opportunités en industriel mais plus de contraintes ?

Adapter le tritordeum aux méthodes industrielles semble possible étant donné la forte teneur en protéines de l'espèce. Cependant, comme l'explique Meleard (2015) en panification industrielle, avec l'automatisation des processus de panification, les contraintes appliquées à la pâte sont plus fortes (Figure 6). Il faut donc une bonne force boulangère (W), ce qui n'est pas forcément le cas pour le tritordeum. Afin d'adapter les recettes industrielles aux caractéristiques technologiques du tritordeum, d'avantage de travail en Recherche et Développement est nécessaire en comparaison au développement artisanal. Il s'agit de trouver une méthode adaptée au tritordeum et adaptable aux lignes automatisées et standardisées des industries.

Outre ces adaptations technologiques, la demande de gros volumes de la part des industriels peut poser question. En effet, les industriels cherchent à travailler de grandes quantités afin d'optimiser leur outil de production. Aujourd'hui les volumes de production étant faibles, certains industriels risquent de ne pas vouloir intégrer la filière par peur de manquer de marchandise.

Si le tritordeum n'est pas adaptable sur ce créneau, peut-être que la farine de tritordeum pourrait être utilisée comme correcteur en mélange pour améliorer le taux de protéines et apporter de la couleur jaune aux farines.

Il semble pertinent de se demander si sur le territoire national, développer le tritordeum sur le créneau industriel est approprié. Comme évoqué dans un dossier de Passion céréales, malgré la croissance de l'industriel, la France reste très attachée à la boulangerie artisanale. Comme en témoigne Gilles Fumey, spécialiste de l'alimentation : « la France est le pays qui a le rapport le plus fort et le plus passionnel au pain. On y compte autant de boulangeries que de mairies, et les boulangeries, qui accueillent 12 à 15 millions de clients par jour, sont autant de points de contact

avec la population.». Chaque année sept milliards de baguettes sont vendues dans les 32 000 boulangeries artisanales réparties sur le territoire français. Il semblerait donc qu'il y ait un potentiel pour la baguette de tritordeum sur ce créneau artisanal en France.

Seul le comportement en panification a été étudié dans ce rapport. En effet, le pain est le premier débouché qui souhaite être développé en France mais d'autres applications mériteraient d'être étudiées. La biscuiterie, les pâtes alimentaires ou encore les pâtes à pizza, déjà développées en Italie, pourraient être des moyens de diversification.

### 7.3. Une chaîne de valeur à optimiser

Comme construite à l'heure actuelle, la chaîne de valeur ne semble pas suffisamment rentable pour les agriculteurs. En effet, si la marge brute dégagée est la même que pour un blé tendre, aucun producteur ne voudra se risquer à implanter une nouvelle culture qu'il ne connaît pas.

En production biologique, il est moins coûteux d'utiliser des semences de ferme. L'utilisation de semences fermières en blé tendre permet un gain de 110% sur les charges de semences par rapport à un tritordeum (Tableau 13). Or le taux d'utilisation de semences de ferme par rapport aux semences certifiées bio est de 57% (Rey et al., 2013). Enormément d'agriculteurs biologiques ont recouru à l'utilisation de semences de ferme. Pour le tritordeum, ceci n'est pas possible puisque la filière est entièrement tracée et qu'aucune autre utilisation que la production de grain pour la consommation n'est autorisée. Pour les nombreux agriculteurs biologiques n'achetant pas de semences certifiées, la rentabilité du tritordeum ne sera donc pas intéressante. En revanche, pour les agriculteurs adhérant à cette démarche de semences certifiées, la marge brute dégagée en biologique est plus intéressante que celle en conventionnel. Le rendement du tritordeum semble plus concurrentiel en biologique qu'en conventionnel (Annexe 31 et Annexe 32).

De plus la rentabilité pour l'agriculteur peut être impactée par différentes hypothèses restant à confirmer. Par exemple, en lien avec le risque fusariose et mycotoxines DON, si seuil réglementaire est dépassé alors la valorisation du grain ne peut se faire en alimentation humaine. La production risque donc un déclassement en type fourrager, payé en moyenne 5% moins cher (La dépêche - le petit meunier, 2017). Ainsi la rentabilité de la culture est fragilisée.

En dehors des aspects économiques, les agriculteurs partenaires sont souvent des producteurs pionniers, qui aiment et qui ont l'habitude de tester de nouvelles choses. C'est également l'opportunité pour eux de diversifier leur rotation et ainsi leur source de revenu pour temporiser les fluctuations des marchés. L'implantation de cette filière intervient dans un contexte favorable au développement de filières contractualisées, sécurisantes pour les agriculteurs. Pour les organismes stockeurs, le tritordeum est une manière de se démarquer des concurrents et d'innover. La plupart des OS travaillant le tritordeum sont habitués à travailler des marchés de niches. En revanche, il est important de noter qu'il existe également des contraintes, pour le stockage par exemple. En effet, stocker des petits volumes n'est pas forcément rentable ni pratique pour les OS équipés de cellules destinées à recevoir de grands volumes.

Pour susciter l'intérêt des agriculteurs et promouvoir petit à petit la filière, il faut rendre la filière beaucoup plus rentable pour les agriculteurs. Pour cela plusieurs propositions sont possibles. Une première serait de réduire la licence Agrasys/AO. Cette licence sur la production vendue est une spécificité de la filière tritordeum. Cependant, il est vrai que pour les deux entreprises, une

rémunération descente est primordiale. En effet, lancer une nouvelle filière est synonyme de risque et de coût pour les deux sociétés. Pour AO, les premières années de lancement risquent de coûter cher en analyses, mais également en déchets de triage et en risque de déclassement. L'autre solution pour augmenter le prix payé aux agriculteurs serait de vendre la farine plus chère pour les meuniers. Cependant, d'après les différents échanges avec les meuniers, le prix de la farine en conventionnel est trop élevé pour assurer un débouché. En effet, les boulangers et les industries de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> transformations ne sont pas prêts à payer ce prix pour introduire de la farine de tritordeum dans leurs recettes. En revanche, selon ces mêmes meuniers, la farine biologique pourrait être mieux valorisée.

La marge meunière n'est pas très profitable non plus en comparaison à un blé tendre. Si en biologique, la farine peut être vendue plus chère, en conventionnel ceci est impossible à l'heure actuelle. Pour augmenter la marge des meuniers sans réduire la marge d'AO et d'Agrasys, la mise en place d'un système de prime comme intéressement commercial pourrait être un moyen d'inciter les partenaires pionniers. L'idée est pour AO et Agrasys de mettre toutes les chances de leur côté pour trouver des pionniers capables de lancer la filière. Comme évoqué dans les résultats des analyses technologiques (Annexe 24) le taux d'extraction du tritordeum semble inférieur à celui du blé et celui pressenti de 72%. C'est-à-dire qu'avec 1kg de grain de tritordeum, la quantité de farine extraite ne va pas être de 72g mais plutôt de 60g. Ainsi, pour le meunier cela représente un manque à gagner de 126€/TG. Par ailleurs, de même que pour les OS, travailler des petits volumes peut induire des frais supplémentaires pour les meuniers. En effet, cela induit des nettoyages plus fréquents, plus de temps à passer, etc.

En dehors de ce gain économique, la plupart des acteurs y trouvent une plus-value. En effet, c'est une opportunité pour eux de se diversifier et d'acquérir un marché de niche potentiellement mieux rémunéré mais également valorisant pour leur image en termes de développement « durable », innovation, originalité, etc.

## 7.4. Quel(s) marché(s) pour le tritordeum ?

Finalement, il semble pertinent de développer le tritordeum en France pour répondre à de nombreuses problématiques posées aux filières céréalières actuelles. Cependant, y-a-t-il un marché pour ce produit ? Que veulent et recherchent les consommateurs ? Le tritordeum répond-il à leurs attentes ?

### 7.4.1. Un aliment s'inscrivant sur un créneau santé et nutrition

D'après l'Observatoire du pain (2016a), la composition et la valeur nutritionnelle d'un produit prennent de plus en plus de place dans le choix des consommateurs. En 2016, le critère valeur nutritionnelle est un critère d'achat très important pour 42% des français contre 27% seulement en 2013. Comme l'expliquent Abécassis, et al. (2009) depuis plusieurs années, les changements dans l'alimentation ont privilégié la consommation de lipides et sucres rapides au détriment des glucides complexes. Tout ceci a conduit au développement de l'obésité et du diabète notamment. La volonté de retrouver une alimentation plus équilibrée représente un enjeu important pour les filières céréalières. En effet, à la base des habitudes alimentaires, les céréales sont source de nombreux composés d'intérêt nutritionnel comme les glucides complexes et les fibres, nécessaires pour un bon équilibre alimentaire. Outre leurs bénéfices nutritionnels, les produits céréaliers sont également face

à de nombreuses interrogations. En effet, les allergies et intolérances au gluten notamment sont pointées du doigt par les consommateurs (FFAS, 2016). Etant donné les propriétés nutritionnelles du tritordeum (fibres, lutéine, acide oléique, etc.) exposées dans le contexte, cette nouvelle espèce semblerait répondre au critère « qualité nutritionnelle », important aux yeux des consommateurs. De plus, proposer un produit plus digeste, avec moins de protéines indigestibles du gluten, semble aujourd'hui pertinent au regard de l'évolution des demandes des consommateurs. Le fait de développer une farine haute gamme sur le créneau santé et nutrition permettrait une meilleure valorisation (prix) de la farine pour les acteurs de la filière.

Un point de vigilance est à noter : il n'y a aujourd'hui pas d'allégation santé liée au gluten dans le tritordeum. Ainsi il n'est pas possible de communiquer via l'expression « moins de gluten » mais il est recommandé de communiquer que le tritordeum est une céréale plus digeste ou que son gluten est plus digeste (Agrasys, 2015). Ceci peut être un frein au développement du tritordeum sur ce créneau.

#### 7.4.2. Une réponse aux attentes éthiques et qualitatives des consommateurs

Aujourd'hui, les consommateurs accordent de plus en plus d'importance à ce qu'ils mangent, c'est-à-dire qu'ils ont besoin de connaître l'origine des produits qu'ils consomment, leur mode de fabrication, de commercialisation, etc. De plus en plus de français prêtent attention au savoir-faire traditionnel et artisanal. Le terme de « local » est également très présent chez les consommateurs. D'après une enquête réalisée par l'Observatoire du pain (2016a), 80 % des français seraient prêt à payer plus cher pour un produit régional ou 100% français. Selon cette même enquête, 79% des français seraient prêt à payer plus cher pour des ingrédients de très haute qualité.

Il faut se demander ce que signifie « très haute qualité » pour les consommateurs. Cela signifie t'il qualité nutritionnelle, organoleptique, sanitaire, etc. ? Un aliment bio, artisanal ou local est-il forcément de qualité ? Il est important de définir ces termes et les attentes exactes des consommateurs pour savoir si oui ou non le tritordeum peut répondre aux attentes du consommateur en termes de « qualité ».

#### 7.4.3. Le marché des productions agricole dites « durables »

Les consommateurs actuels portent un regard critique sur les modes de production et leur « durabilité ». Les enjeux environnementaux sont désormais omniprésents (Abécassis, et al., 2009). D'après le rapport l'Agence BIO (2017), en 2015 près de 90 % des français accordaient de l'importance à la préservation de l'environnement dans leurs actes d'achats contre 67% en 2007. Ceci se traduit notamment par la consommation de produits bio. D'après les derniers résultats du Baromètre de l'Agence BIO (2017), 9 français sur 10 ont consommé des produits d'origine biologique en 2016, alors qu'en 2003, près de 50% des français disaient ne jamais consommer de produits bio. Etant donné ses caractéristiques agronomiques, le tritordeum apparait comme une espèce relativement robuste, peu gourmande en intrants. Elle est donc susceptible de s'inscrire dans une démarche de production plus « durable » et ainsi répondre aux attentes de ces consommateurs en quête de durabilité. De plus, développer la production biologique semble judicieux étant donné l'évolution des habitudes de consommation.

#### 7.4.4. La recherche de diversité et de nouveauté

En outre, le choix, la diversité et la nouveauté sont aujourd'hui des leviers importants pour stimuler la consommation. Selon l'Observatoire du pain (2016b), les français aiment varier le type de pain qu'ils achètent : en moyenne, ils affirment avoir consommé huit types de pains différents au cours des trois derniers mois. Le tritordeum, nouveauté sur le marché boulanger français pourrait satisfaire ce type clients.

Il semblerait que diverses opportunités de marché s'offrent aux produits à base de tritordeum, notamment le pain. Néanmoins, afin de répondre aux questionnements quant à l'adéquation du tritordeum avec les nouvelles attentes des consommateurs, une analyse de marché plus approfondie des potentiels consommateurs est nécessaire. L'objectif de cette étude serait d'identifier et d'analyser le marché des consommateurs cibles : qui sont-ils ? Quelle est la taille du marché ? Quelles sont leurs habitudes mais aussi leurs attentes/besoins ? Quels sont les concurrents et leurs offres ? Etc. L'identification du ou des marchés potentiels et de leur taille permettrait de fixer des objectifs de production et d'organiser de manière plus cohérente la filière.

#### 7.5. Elaborer une démarche marketing pour faire connaître le produit

Aujourd'hui les consommateurs ne connaissent pas le produit. En effet, la volonté des meuniers français étant de travailler de la farine à base de grain de tritordeum produit en France, aucun développement préalable avec du grain espagnol n'a pu être réalisé pour initier la filière sur le territoire national. Il reste désormais un travail marketing à réaliser pour faire connaître le produit aux consommateurs. L'idée serait peut-être de solliciter les boulangers à réaliser des dégustations, des offres commerciales, et diverses actions de communication pour faire connaître le produit. Cependant avant tout développement, il est nécessaire de s'assurer de la qualité organoleptique du produit fini afin qu'il plaise au consommateur. En effet, un premier lancement de pain à base de farine de tritordeum espagnol a été réalisé par Naturalia en 2016. Cependant, par souci de qualité organoleptique du pain et de communication non efficace, cette opération n'a pas été fructueuse. Désormais, il faut lancer la production avec du grain origine France, travailler au mieux le produit avec des acteurs motivés et convaincus. Il faut accompagner les boulangers afin qu'ils adaptent au mieux leurs recettes de panification au tritordeum dans l'objectif de développer un pain de haut niveau qualitatif.

Afin d'enrichir cette démarche marketing diverses analyses pourraient être réalisées comme des analyses sensorielles et des analyses cliniques sur les bienfaits du tritordeum notamment sur les personnes hypersensibles au gluten. Ces résultats d'enquêtes constitueraient des sources de données pour communiquer. Après une année de développement, il serait judicieux de mener des enquêtes de satisfaction auprès d'un panel de consommateurs consommant des produits à base de tritordeum (goût, prix, rapport qualité/prix, connaissance du produit, disponibilité des produits, etc.) et d'avoir des retours fréquents des différents clients meuniers et boulangers.

## 8. Conclusion

L'intérêt porté par Agri-Obtentions pour développer le tritordeum est en cohérence avec les convictions de l'entreprise. En effet, une des volontés de l'entreprise est de développer de nouvelles filières axées sur des marchés de niche. C'est une manière de se démarquer des concurrents. De plus, la culture du tritordeum répond à l'engagement d'Agri-Obtentions de s'inscrire dans une démarche d'agriculture durable.

En effet, le tritordeum apparaît sur le sol français comme une espèce peu gourmande en intrants. Elle est résistante aux principales maladies foliaires et à la capacité d'accumuler plus de protéines qu'un blé tendre. Afin d'optimiser son potentiel de rendement, aujourd'hui assez limité, le positionnement géographique de l'espèce se situe au Sud de la Loire, principalement dans le Sud-Est et le Sud-Ouest. Le tritordeum est une espèce très précoce et comparable au blé dur au niveau de la sensibilité au froid. Outre le rendement, certaines limites agronomiques surgissent dans le contexte pédoclimatique français (verse, fusariose, etc.). Pour pallier à ces problématiques, la recherche de lignées plus performantes est un levier essentiel.

Les propriétés technologiques du tritordeum, à savoir un gluten extensible et une mie très jaune, s'adaptent parfaitement à la panification Tradition française et au processus artisanal. L'adaptabilité de la méthode en panification industrielle nécessite quant à elle plus de recherche afin de répondre aux spécificités des outils standardisés.

Le développement de l'espèce s'inscrit dans une filière entièrement contractualisée, se voulant économiquement viable pour chaque acteur, de l'agriculteur au meunier. Aujourd'hui, la production biologique semble financièrement plus intéressante et compétitive pour les agriculteurs. Un travail complémentaire de structuration des marges par acteur reste à faire afin de rendre la filière véritablement rentable pour chacun des maillons.

Diverses opportunités de marché s'ouvrent au tritordeum. Les propriétés nutritionnelles, agronomiques et technologiques de l'espèce semblent en adéquation avec les demandes nouvelles des consommateurs. Pour assurer un bon développement de cette nouvelle céréale, une étude de marché plus approfondie et la mise en place de stratégies marketing sont des pistes de travaux futurs pour compléter ce projet.

## Bibliographie

- Abécassis, J., & Rousset, M. (2012). Quelles évolutions pour les filières céréalières ? *Innovations agronomiques*, vol. 19, 1-11.
- Abécassis, J., Bergez, J.-E., Aizac, B., Charcosset, A., Dedryver, C.-A., Greffeuille, V., Jacquet, F., Jez, C., Lessire, M., Rastoin, J.-L. & Rousset, M. (2009). *Les filière céréalières. Organisation et nouveaux défis*. Versailles, Quae, 169 p.
- Agence BIO. (2016). Chiffres de la bio en France. [en ligne]. Disponible sur <<http://www.agencebio.org/la-bio-en-france>> (Page consulté entre juillet et septembre 2017).
- Agence BIO. (2017). Baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France - 14ème édition. 161p.
- Agrasys. (2015). Guide pratique de communication sur le tritordeum.
- AGRASYS. <[www.agrasys.es](http://www.agrasys.es)>. (consulté entre juin et aout 2017).
- Agrasys. (2017a). Rapport technique. *Technical Analysis on tritordeum*.
- Agrasys. (2017b). Table de donnée. *Resumen Producción y Harineras 2014-2017*.
- Agrasys. (n.d.). Power point d'Introduction au tritordeum. *Tritordeum une céréale innvante*.
- Agreste. (2017). Table de donnée. Estimations de surfaces, rendements et production, concernant les récoltes 2016 et les prévisions de surfaces 2017.
- Agri-Obtentions. (2017). Base de données AGORA.
- Agri-Obtentions. (n.d.). Plaquette de présentation de l'entreprise. Agri Obtentions semencier de l'agriculture durable.
- Arvalis. (2012). Diagnostic des accidents du blé tendre. Paris, Service Communication Marketing Arvalis - Institut du végétal, 144p.
- Arvalis. (2013a). *Teneur en protéines des blés : relever le double défi agronomique et économique*. Arvalis - Institut du végétal.
- Arvalis. (2013b). *Performance des engrais azotés sur blé. Expérimentations 2013 et synthèse 2012-2013*.
- Association Nationale de la Meunerie Française (ANMF). (2015). Fiche statistiques - 2015. Paris, ANMF, 7p.
- Atienza, S., Ballesteros, J., & Martin, A.-M. (2007). Genetic Variability of Carotenoid Concentration and Degree of Esterification among Tritordeum (x Tritordeum Ascherson et Graebner) and Durum Wheat Accessions. *Journal of agricultral and food chemistry*. vol. 62, 134-142.
- Aziz, I., Lewis, N., Hadjivassiliou, M., Winfield, S., Rugg, N., Kelsall, A., Newrick, A., Sanders, D. (2014). A UK study esssing the population prevalence of self-reported gluten sensitivity and referral characteristics to secondary care. *Eur J Gastroentero Hepatol*, vol. 26, 33-39.
- Bakker, S. (2015). Réalité et perspectives des coopérations entre céréaliers et éleveurs.

- Bonnemort, C. (2008). *Fiche Technique culture peu développée en Languedoc-Roussillon*. Chambre d'Agriculture de l'Aude, 6p.
- Brouns, F., Gilissen, L., Shewry, P., & Van straaten, F. (2015). The war on the wheat. *The world of food ingredients*, 30-31.
- Bruckert, E. (2001). Fonctionnalité des lipides dans le contexte d'une relation alimentation-santé. Les phytostérols, place dans la prise en charge du patient hyperlipidémique. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, vol 8, 4, 312-316.
- Campagnes et environnement. (2017). Alimentation : remonter la veine des "sans". *Campagnes et environnement*, vol 39, 14-23.
- CELNAT. Les blés anciens, semences d'antan pour la nourriture de demain. [en ligne]. Disponible sur : <[http://celnat.fr/images/stories/PDF/Pages\\_Bles\\_anciens\\_semences\\_dantan.pdf](http://celnat.fr/images/stories/PDF/Pages_Bles_anciens_semences_dantan.pdf)>. (Page consultée entre mai et juillet 2017).
- CGAC. <<http://www.labocgac.com/>>. (consulté de avril à juillet 2017).
- Chambre d'agriculture de l'Ain. (2016). Rapport technique. Marges brutes sur les cultures, campagne 2015.
- Chambre d'agriculture de l'Ain. (2017). Rapport technique. Marges brutes sur les cultures, campagne 2016.
- Chambre d'agriculture Eure et Loire. (2014). Rapport technique. Coût de production et prix d'intérêt blé dur/blé tendre.
- Chambres d'agriculture France. Directives nitrates. [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.chambres-agriculture.fr/agriculteur-et-politiques/politiques-environnementales/directive-nitrates/>>. (Page consultée en juillet 2017).
- CHOPIN. (2001). Rapport technique. Ténacité - Extensibilité - Elasticité - Force boulangère des farines.
- Commission des communautés européennes. (2006). Règlement (CE) N°1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal Officiel, N°1881/2006 du 20 décembre 2006, p.5-24.
- CSIC. (2011). Rapport d'analyses. Analysis trial 1834/11 - 22-09-2011.
- Devroey, J.-P., & Van Mol, J.-J. (1989). L'épeautre (*Triticum spelta*) : histoire et ethnologie. Treignes, Editions Dire, 201p.
- Erlandsson, A. (2010). Tritordeum, evaluation of a new food cereal : Master thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Food science, 42p.
- Eurostat. (2016). Agriculture, forestry and fishery statistics. Luxembourg, Publication office of the European Union, 230p.
- Eurostat. (2017a). Statistiques des productions végétale - données historiques (1955-1999). [en ligne]. Disponible sur : <<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>>. (Page consultée entre mars à juillet 2017).

- Eurostat. (2017b). Statistiques des productions végétales (à partir de 2000). [en ligne]. Disponible sur : <<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>> (Page consultée entre mars à juillet 2017).
- FAO. (2017). Crops prospects and food situation, N°1, mars 2017. [en ligne]. Rome, Trade and markets division of FAO, 40p. Disponible sur : <<http://www.fao.org/3/a-i6903f.pdf>> (consulté entre mars et juillet 2017)
- FFAS. (2016). Etat des lieux - le gluten. Paris, 24p.
- FranceAgriMer. (2016). Table de données. Déclarations des surfaces au titre des aides PAC : années 2010 à 2015.
- FranceAgriMer. Observatoire prix et marge - Résultats par filière - Filière pain. [en ligne]. Disponible sur : <<https://observatoire-prixmarges.franceagrimer.fr/resultats/Pages/ResultatsFiliere.aspx?idfiliere=20>>. (Page consultée en juillet 2017).
- Fraser, P., & Bramley, P. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Prog. Lipid Res.*, vol 43, 228-265.
- GIEC. (2014). Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. Genève, GIEC, 161p.
- GIRA. (2014). Un bilan des utilisations par les secteurs professionnels. Quels enjeux pour les fabricants d'Ingrédients et d'Avant-Produits? Fermey-Voltaire, GIRA, 63p.
- Guillermet, J. (n.d.). Synthèse technique. Coûts de production en Grandes Cultures.
- Harinera Roca. (2012). Rapport d'analyses. Reological analysis on tritordeum.
- ISO. (2014). Céréales, légumineuses et produits dérivés. 67.060. [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.iso.org/fr/ics/67.060/x/>>. (Page consultée en juillet 2017).
- ITAB. (2015). Comparaison de variétés de céréales en agriculture biologique, synthèse des essais campagne 2014/2015.
- ITAB. (2016). Comparaison de variétés de céréales en agriculture biologique, synthèse des essais campagne 2015/2016.
- Joly, F. (2013). Pathologies liées au gluten. 64ème JTIC international. Reims
- Kamut International. (2009). Un message du nouveau Directeur général, Trevor Blyth. *Lettre d'information du blé KAMUT*, vol 2, 2, 1-4.
- Kamut International, Ltd. <<http://www.kamut.com/>>. (Consulté en juillet 2017).
- Kendall, C., Esfahani, A., & Jenkins, D. (2010). The link between fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, vol 24, 1, 42-48.
- La dépêche - le petit meunier. (2017). Marchés. La dépêche - le petit meunier. N°4210 à 4221.
- Larousse. (s.d.). Dictionnaire Larousse.
- Les moulins pyrénéens. MIE'NUTIE. [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.les-moulins-pyreneens.com/artisans/fr/page/mie-nutie.php>>. (Page consulté en juillet 2017).

- Les nouvelles de la boulangerie pâtisserie. (2012). La MIE'nutie, une baguette régionale 100% blé dur. *Les nouvelles de la boulangerie pâtisserie*, 827, 1-1.
- Limagrain. (2017). Le guide des semences, céréales à paille et protéagineux. 24<sup>ème</sup> édition.
- Lundin, K. E. (2014). Non-celiac gluten sensitivity-why worry? *BMC Medicine*, vol 12, 86, 1-3.
- Mansueto, P., Seidita, A., D'Alcamo, A., & Antonio, C. (2014). Non-celiac gluten sensitivity : litterature review. *Journal of the American College of Nutrition*, vol 33, 1, 39-54.
- Martin, A., Alvarez, J., Martin, L., Barro, F., & Ballesteros, J. (1999). The Development of Tritordeum: A Novel Cereal for food processing. *Journal of Cereal Science*, vol 30, 85-95.
- Martin, L., & Alvarez, J.B. (1999). Use of interspecific hybridisation in quality improvement of cereals. Cordoue, 8p.
- Meleard, B. (2015). *Exigence technologiques pour répondre aux besoins des marchés du blé tendre*. Paris, Service Qualités et valorisations Arvalis - institut du végétal, 57p.
- Motquin, B. (2007). Méthodes d'appréciation de la qualité des blés (et épeautres) destinés à la panification. *La qualité technologique des farines*. vol. 13, 8p.
- Nijeboer, P., Bontkes, H., Mulder, C., & Bouma, G. (2013). Non-celiac gluten sensitivity. Is it the Gluten or the Grain ? *J Gastrointestin Liver Dis*, vol 22, 4, 435-400.
- Observatoire du pain (2016a). Les Français et l'alimentation, quoi de neuf ? [en ligne]. Disponible sur : <[http://www.observatoiredupain.fr/actualites/les-francais-et-l-alimentation-quoi-de-neuf\\_149.aspx](http://www.observatoiredupain.fr/actualites/les-francais-et-l-alimentation-quoi-de-neuf_149.aspx)>. (Page consultée entre juin et juillet 2017).
- Observatoire du pain (2016b). L'émergence de nouvelles attentes. [en ligne]. Disponible sur : <[http://www.observatoiredupain.fr/conso/une-consommation-vivante/l-emergence-de-nouvelles-attentes\\_87.aspx](http://www.observatoiredupain.fr/conso/une-consommation-vivante/l-emergence-de-nouvelles-attentes_87.aspx)>. (Page consultée entre avril et août 2017).
- Passion Céréales. (2016). *Des chiffres et des céréales. L'essentiel de la filière*. Paris, Passion Céréales, 40p.
- Passion céréales. Céréales et défis alimentaires. [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.passioncereales.fr/dossier-thematique/c%C3%A9r%C3%A9ales-et-d%C3%A9fis-alimentaire>>. (Page consultée entre mai et août 2017).
- Passion céréales. Le pain : l'excellence et la fierté d'une filière. [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.passioncereales.fr/dossier-thematique/le-pain-l%E2%80%99excellence-et-la-fiert%C3%A9-d%E2%80%99une-fili%C3%A8re>>. (Page consultée entre avril et août 2017).
- Passion céréales, Proléa & France Betteraves. (2010). Face aux enjeux de l'avenir, une agriculture contributive. Paris, 32p.
- R Development Core Team. (2005). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Rakha, A., Saulnier, L., Aman, P., & Andersson, R. (2012). Enzymatic fingerprinting of arabinoxylan and  $\beta$ -glucan in triticale, barley and tritordeum grains. *Carbohydrate polymers*, vol 90, 1226-1234.
- Rey, F., Sinoir, N., Wohrer, J., Touret, C., & Mazollier, C. (2013). Semences biologiques en France : quelles pratiques, quelles attentes ? *Innovations agronomiques*, 413-425.

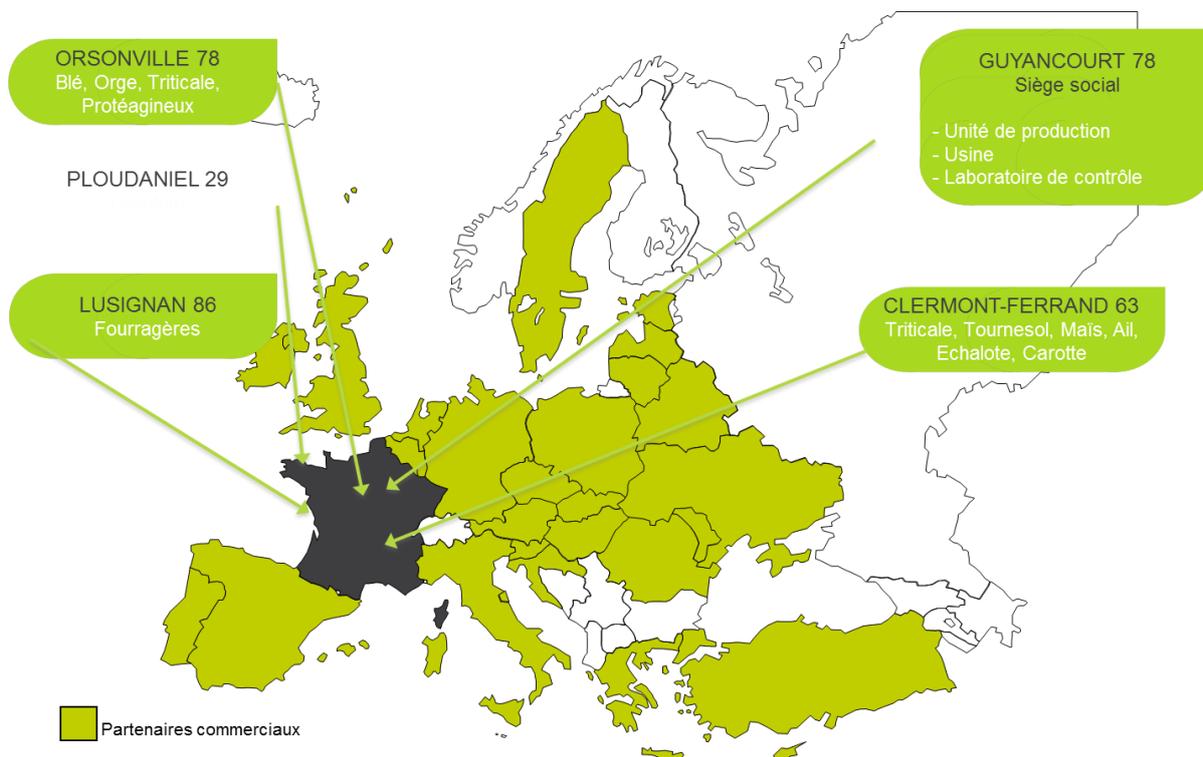
Sapone, A., Bai, J., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P., Hadjivassiliou, M., & Fasano, S. (2012). Spectrum of gluten-related disorders : consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*, vol 10, 13-25.

## Liste des annexes

<i>Annexe 1 : localisation géographique des plateformes d'Agri Obtentions et de ses partenaires à travers l'Europe</i>	66
<i>Annexe 2 : fiche de suivi essais "LAS"</i>	66
<i>Annexe 3 : fiche de suivi essais "Multilocal"</i>	67
<i>Annexe 4 : fiche de suivi essai "Fertilisation"</i>	67
<i>Annexe 5 : fiche de suivi essai "Densité de semis"</i>	68
<i>Annexe 6 : fiche de suivi essai "Régulateurs"</i>	68
<i>Annexe 7 : localisation géographique des essais tritordeum (2016-2017)</i>	69
<i>Annexe 8 : localisation géographique des parcelles de production de tritordeum (2016-2017)</i>	69
<i>Annexe 9 : protocoles des variables agronomiques mesurées</i>	70
<i>Annexe 10 : grille de notation/diagramme panification tritordeum</i>	79
<i>Annexe 11 : recette panification "Tradition française"</i>	80
<i>Annexe 12 : recette panification "Agrasys"</i>	80
<i>Annexe 13 : Résultats Modèle n°2 - essais LAS</i>	81
<i>Annexe 14 : Résultats modèle n°1 - essai multilocal-IJ</i>	81
<i>Annexe 15 : Résultats modèle n°1 - essai multilocal-OR</i>	81
<i>Annexe 16 : Résultats modèle n°2 - essais multilo caux</i>	82
<i>Annexe 17 : Résultats modèle n°4 - essai fertilisation</i>	82
<i>Annexe 18 : Résultats modèle n°12 - essai fertilisation</i>	82
<i>Annexe 19 : Résultats modèle n°5 - essai densité de semis</i>	83
<i>Annexe 20 : synthèse résultats essai régulateur, toutes doses confondues (modèles n°8 et n°11)</i>	83
<i>Annexe 21 : synthèse des résultats rendement - essais multilo caux (modèle n°1)</i>	84
<i>Annexe 22 : Résultats modèles n°13 – 14 - 15</i>	84
<i>Annexe 23 : barème de notation hydratation blé tendre (gauche) et adapté tritordeum (droite)</i>	85
<i>Annexe 24 : synthèse résultats technologiques tritordeum</i>	86
<i>Annexe 25 : modèle de contrat de production tritordeum - Organisme Stockeur</i>	87
<i>Annexe 26 : modèle de contrat de production tritordeum - Agriculteur</i>	88
<i>Annexe 27 : fiche parcellaire</i>	89
<i>Annexe 28 : protocole récolte tritordeum</i>	91
<i>Annexe 29 : normes de base tritordeum, campagne 2016-2017</i>	92
<i>Annexe 30 : modèle de contrat d'achat grain de tritordeum AO-OS</i>	93
<i>Annexe 31 : synthèse des résultats parcelles de production - CONVENTIONNEL</i>	94
<i>Annexe 32 : synthèse des résultats parcelles de production - BIOLOGIQUE</i>	95

**Annexe 1 : localisation géographique des plateformes d'Agri Obtentions et de ses partenaires à travers l'Europe**

Source : Agri-Obtentions



**Annexe 2 : fiche de suivi essais "LAS"**

**Essais LAS**

**Nb de Variétés :** 10

**Randomisation :** Oui

**Traitement de Semence :** Redigo + Signal + Gaucho

Lieux	Répétitions	Date semis	Densité semis
Clermont-Ferrand (63)	2 T + 1 NT	21/11/2016	225
L'Isle Jourdain (32)	2 T + 1 NT	01/11/2016	320
Saint Paul les Romans (26)	2 T + 1 NT	31/10/2016	310
Levroux (36)	2 T + 2 NT	29/10/2016	320

	N°	Variétés	Espèce
Témoin	1	RUBISKO	Blé tendre
Témoin	2	OREGRAIN	Blé tendre
Témoin	3	SOLEHIO	Blé tendre
Témoin	4	SYMOISSON	Blé tendre
	5	ARKÉOS	Blé tendre
	6	REBELDE	Blé améliorant ou de force
	17	BULEL	Tritordeum
	18	AUCAN	Tritordeum
	19	HT435	Tritordeum
	20	HT460	Tritordeum

Annexe 3 : fiche de suivi essais "Multilocal"**Essais MULTILocal**

**Lieux** : Orsonville (78), l'Isle Jourdain (32)      **Date semis** : L'Isle Jourdain : 02/11/2016  
**Nb de Variétés** : 20      Orsonville : 03/11/2016  
**Nbrs de Répétitions** : 2 Traitées + 2 Non Traitées      **Densité semis** : 275 grains/m<sup>2</sup>  
**Randomisation** : Oui      **Traitement de Semence** : Redigo + Signal + Gaucho

N°	Variétés	Espèce	
1	HT444	Tritordeum	
2	HT460	Tritordeum	
3	HTC1210	Tritordeum	
4	HT435	Tritordeum	
5	HT437	Tritordeum	
6	HT429	Tritordeum	
7	L35	Tritordeum	
8	L67	Tritordeum	
9	L70	Tritordeum	
10	L62	Tritordeum	
11	L72	Tritordeum	
12	L34	Tritordeum	
13	AUCAN	Tritordeum	
14	BULEL	Tritordeum	
15	AVISPA	Blé dur Espagne	
16	AMILCAR	Blé dur Espagne	
17	A-NICK	Blé tendre Espagne	
18	GAZUL	Blé tendre Espagne	
Témoin	19	SY MOISSON	Blé tendre France
Témoin	20	SOLEHIO	Blé tendre France

Annexe 4 : fiche de suivi essai "Fertilisation"**Essai Fertilisation**

**Lieu** : L'Isle Jourdain (32)      **Date semis** : 02/11/2016  
**Nb de Variétés** : 2      **Densité semis** : 300 grains/m<sup>2</sup>  
**Nbrs de Répétitions** : 1 T + 1 NT      **Traitement de Semence** : Redigo + Signal + Gaucho  
**Randomisation** : Oui

N°	Variété	Dose Azote (u)
1	Aucan	130
2	Aucan	150
3	Aucan	180
4	Bulel	130
5	Bulel	150
6	Bulel	180

Annexe 5 : fiche de suivi essai "Densité de semis"**Essai Densité semis**

**Lieu :** L'Isle Jourdain (32)      **Date semis :** 02/11/2016  
**Nb de Variétés :** 2      **Densité semis :** -  
**Nbrs de Répétitions :** 2 T      **Traitement de Semence :** Redigo + Signal + Gaucho  
**Randomisation :** Oui

N°	Variété	Densité semis (grains/m <sup>2</sup> )
1	Aucan	300
2	Aucan	350
3	Aucan	400
4	Bulel	300
5	Bulel	350
6	Bulel	400

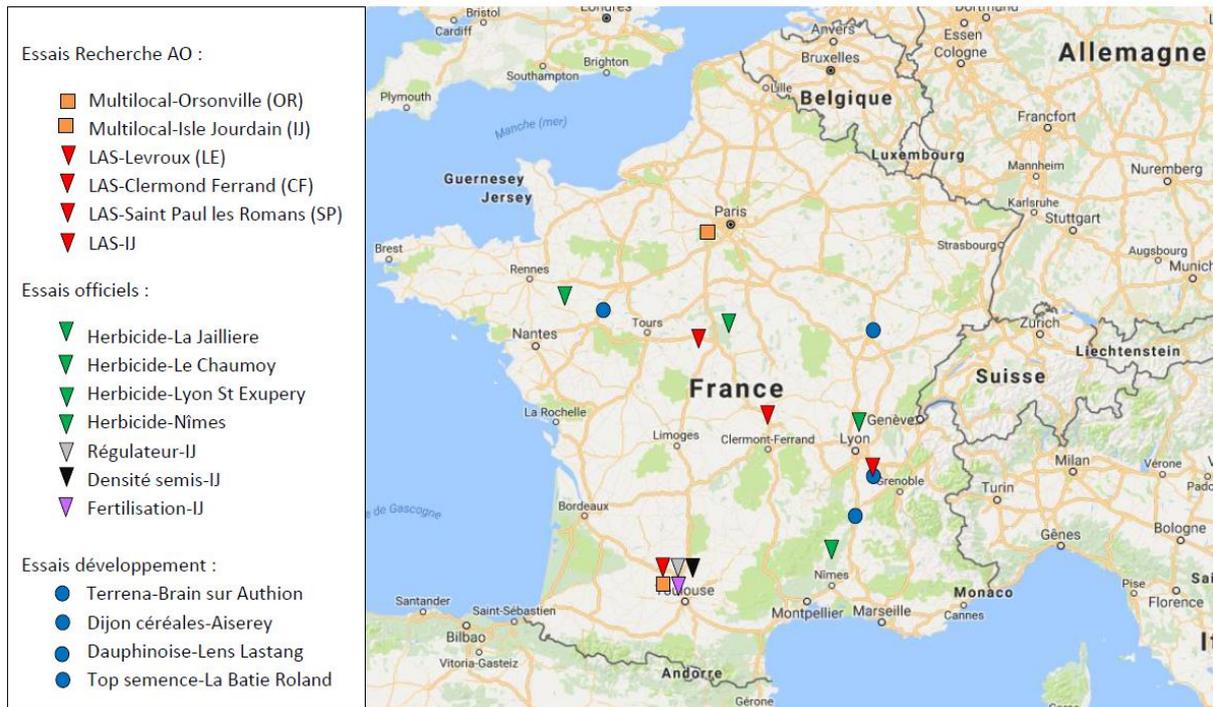
Annexe 6 : fiche de suivi essai "Régulateurs"**Essais régulateurs**

**Lieu :** L'Isle Jourdain (32)      **Date semis :** 29/10/2016  
**Nb de Variétés :** 2      **Densité semis :** 350 grains/m<sup>2</sup>  
**Nbrs de Répétitions :** 3      **Traitement de Semence :** Redigo + Signal + Gaucho  
**Randomisation :** Oui

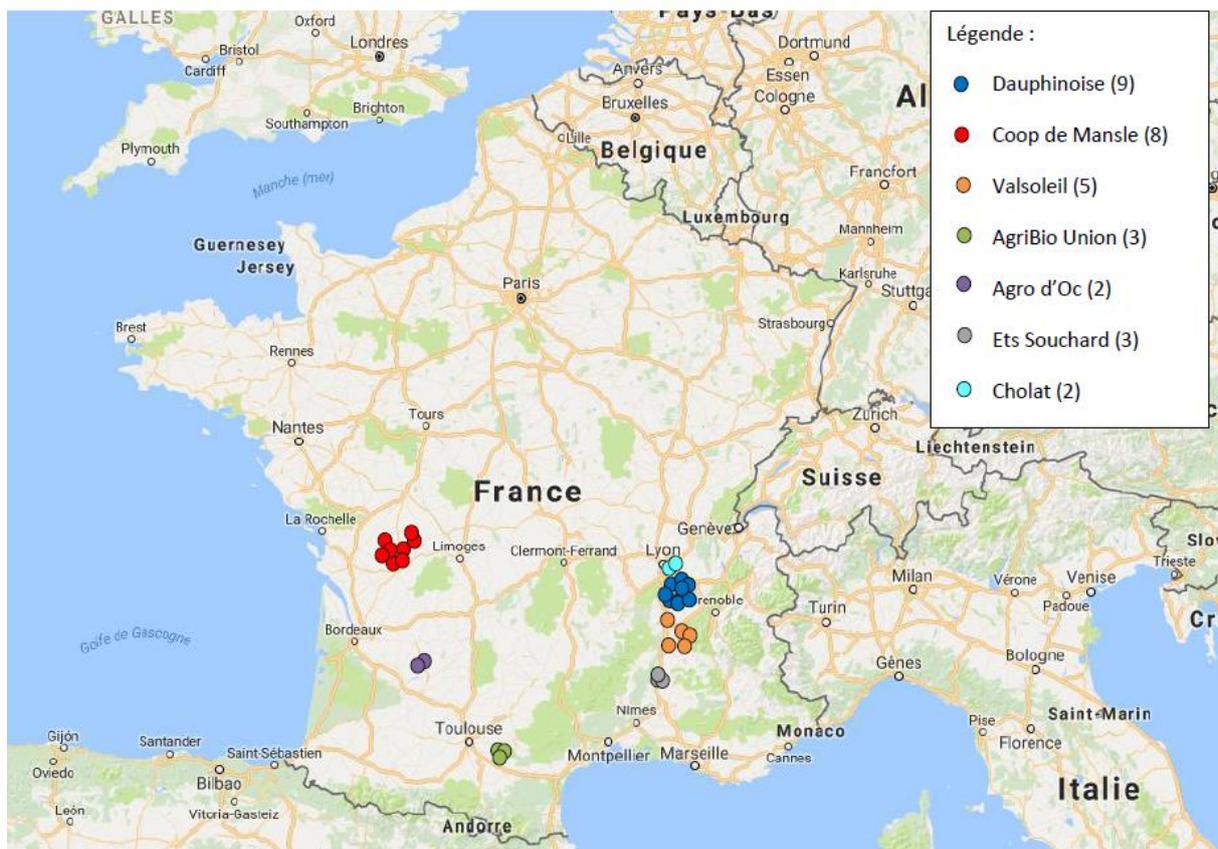
N°objet	T1: EPI 1 CM		T2: BBCH 31-33		T3: BBCH 37-39		
	PRODUIT	DOSE (L)	PRODUIT	DOSE (L)	PRODUIT	DOSE (L)	
BULEL	1	Témoin Non Traité (TNT)					
	2	CYCOCEL	1,5				
	3	CYCOCEL	3				
	4	CYCOCEL	6				
	5			MODDUS	0,25		
	6			MODDUS	0,5		
	7			MODDUS	1		
	8					TERPAL 1,25	
	9					TERPAL 2,5	
	10					TERPAL 5	
AUCAN	1	Témoin Non Traité (TNT)					
	2	CYCOCEL	1,5				
	3	CYCOCEL	3				
	4	CYCOCEL	6				
	5			MODDUS	0,25		
	6			MODDUS	0,5		
	7			MODDUS	1		
	8					TERPAL 1,25	
	9					TERPAL 2,5	
	10					TERPAL 5	

En rouge = dose homologuée

**Annexe 7 : localisation géographique des essais tritordeum (2016-2017)  
Réalisation personnelle**



**Annexe 8 : localisation géographique des parcelles de production de tritordeum (2016-2017)  
Réalisation personnelle**



Annexe 9 : protocoles des variables agronomiques mesurées**Validité parcelle**

Période observation : tout au long du cycle de développement

Objectifs : détermine si la parcelle est exploitable ou non. La non validité d'une parcelle peut-être liée à la qualité des semences ou à d'autres accidents (phytotoxicité, grêle, échaudage, dégâts divers...). Ils sont à signaler, accompagnés dans la mesure du possible d'une notation des dégâts.

Protocole : notation sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

Note	Validité des parcelles	Observations
1 3 5 7 9	Non valable Très douteuse Douteuse Valable Très valable	Les notes intermédiaires (2, 4, 6, 8) peuvent être aussi utilisées.

**Précocité montaison**

Période observation : avril à mi-mai

Objectifs : détermine le début de la période de semis possible. La précocité montaison correspond à la durée du cycle entre la germination et le stade épis 1cm.

Rappel : 1er semis = variété tardive à montaison pour éviter les risques de gel.

Protocole : notation sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

1=très tardif

9=très précoce

### Précocité épiaison

Période observation : fin avril- fin mai

Objectifs : détermine la fin de la période de semis. Les variétés précoces permettent d'éviter les conditions échaudantes de fin de cycle particulièrement sur les sols superficiels.

Protocole : Méthode 1 : notation sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

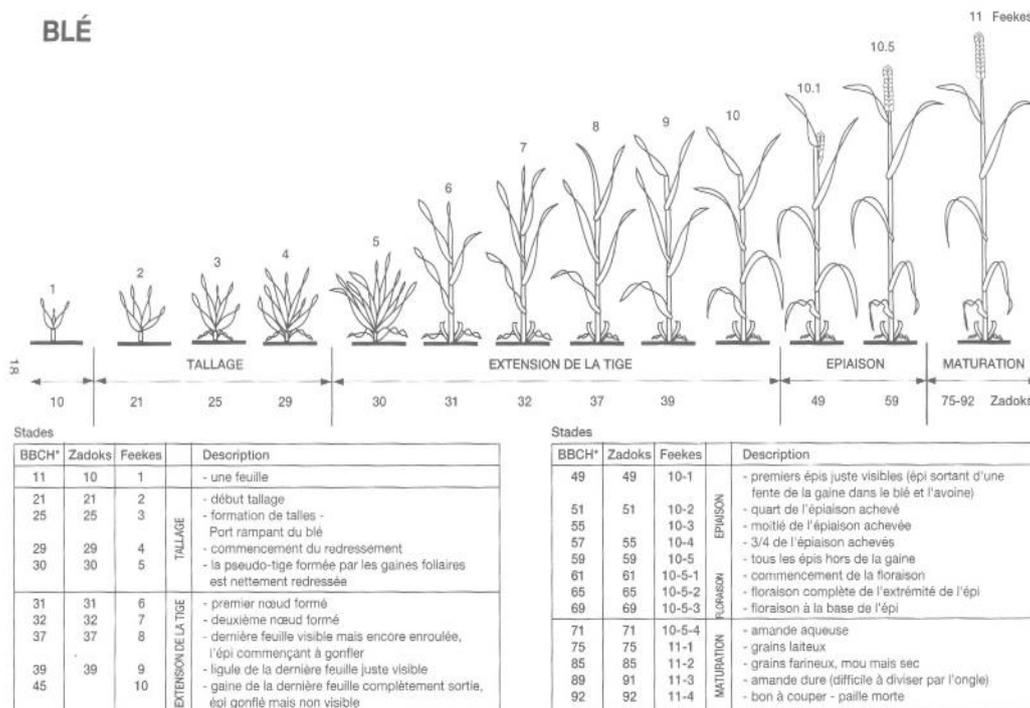
1=très tardif  
9=très précoce

Exemple : Echelle de précocité Arvalis Blé Tendre

Précocité d'épiaison	Ultra précoce 8					GALIBIER	
	Très précoce 7,5			QUALITY	SOLEHIO KLIMA ORLOGE	REBELDE BOLOGNA	ARPEGE
	Précoce 7		ARKEOS	APACHE	AREZZO OREGRAIN SY MOISSON	AUBUSSON PALEDOR	
	1/2 Précoce 6,5		AIGLE LAVOISIER GEO	PAKITO RUBISKO GIMMICK RE11058	CELLULE MUSIK		
	Intermédiaire 6	BAROK BOREGAR	GRANAMAX LYRIK GHAYTA	BERMUDE FRUCTIDOR AO13015	ATTLASS FLUOR FOLKLOR		
	Assez tardif 5,5	TRAPEZ	BERGAMO KORELI TERROIR	EXPERT GRAPELI GOTIK			
	Tardif 5	HYBERY	OXEBO				
	Très tardif 4,5	LEAR					
		Tardif I	1/2 Tardif II	1/2 Précoce III	Précoce IV	Très précoce V	Ultra précoce
Précocité montaison							

Méthode 2 : Relevé de la date en quantième (nombre de jours à partir du 1er janvier) pour laquelle 50% des plantes sont épiées = date d'épiaison.

Méthode 3 : relevé pour une date donnée le stade de développement de la culture sur une échelle BBCH.



### Précocité maturité

Période observation : stade grain pâteux (pour les variété de précocité moyenne : juin)

Objectif : l'estimation du stade de maturation des parcelles traduit la précocité à maturité de chaque variété. La notation visuelle est effectuée en un seul passage autour du stade grain pâteux des variétés de précocité moyenne, de préférence sur les parcelles traitées contre les maladies cryptogamique.

Protocole : observation et notation de la coloration du col de l'épis sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

Note	Stade de maturation
1	Epis et cols d'épis entièrement verts
2	Epis commençant à jaunir
3	Epis et cols d'épis commençant à jaunir
4	25 % de cols d'épis jaunes
5	50 % de cols d'épis jaunes
6	75 % de cols d'épis jaunes
7	100 % de cols d'épis jaunes
8	100 % d'épis et de cols d'épis jaunes, nœuds verts
9	100 % d'épis et de cols d'épis jaunes, nœuds jaunes

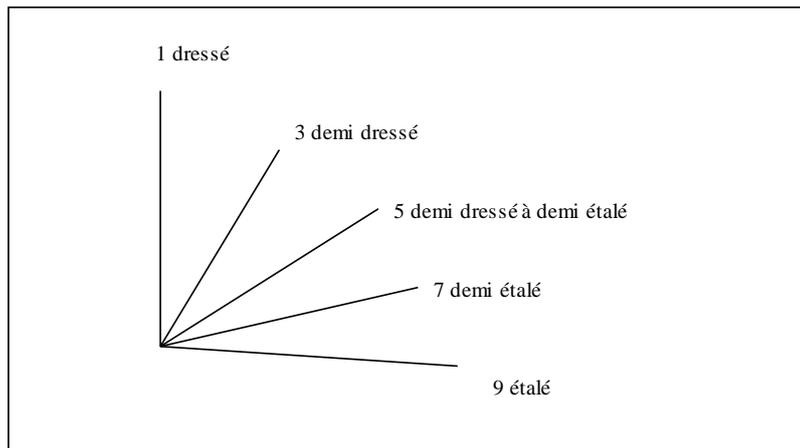


## Port de plante

Période observation : à deux dates : autour du stade 2 nœuds et du stade épiaison

Objectifs : déterminer le port de plante des différentes variétés de tritordeum. Le port joue un rôle sur le pouvoir couvrant de la plante.

Protocole : on utilise l'angle formé par les feuilles externes et les talles avec un axe vertical imaginaire. La mesure se fait par une notation visuelle de 1 à 9 (du plus dressé au plus étalé)



**Sensibilité maladie**

Période observation : tout au long du cycle de développement

Objectifs : ces notations traduisent l'estimation visuelle du degré d'attaque d'une parcelle par une maladie. Elles permettront de déterminer la sensibilité/résistance de l'espèce face aux principales maladies présentes en France.

Protocole : notation sensibilité sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

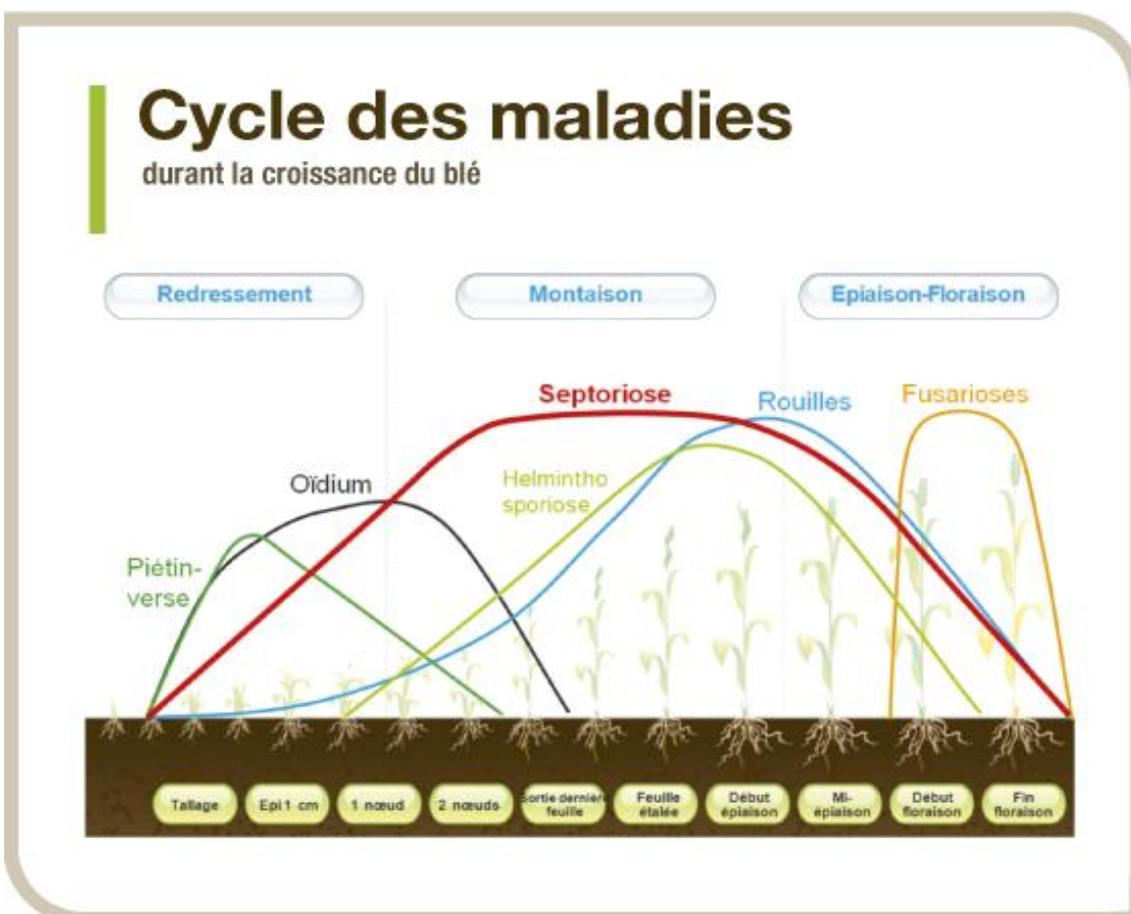
1=peu sensible/résistant

9=très sensible

**Les notations devront obligatoirement mentionner la date et le stade des plantes au moment de la notation.**

Note	Plantes affectées	Surface foliaire atteinte ou % d'épis atteints ou % de tiges atteintes
1	Absence de dégât	
2	Traces	
3	25 %	10 %
4	50 %	25 %
5	100 %	50 %
6	100 %	60 %
7	100 %	75 %
8	100 %	90 %
9	Maximum possible	

/!\ Les notes données par Arvalis sont des notes de résistance. C'est-à-dire que 1=peu résistant/sensible et 9=très résistant.



**Sensibilité verse**

Période observation : tout au long du cycle de développement

Objectifs : déterminer la sensibilité/résistance de l'espèce face à la verse.

Protocole : notation sensibilité sur une échelle de 1 à 9, en comparaison avec les témoins.

1=peu sensible/résistant

9=très sensible

En cas de verse par entraînement, signalé le type d'entraînement et la date

Note	Plantes affectées	Intensité du caractère
1	0 %	Nulle
3	25 %	Forte
5	ou 50 %	Moyenne
7	50 %	Forte
9	ou 100 %	Moyenne
	75 %	Forte
	ou 50 %	Moyenne
	et 50 %	Forte
	100 %	Forte

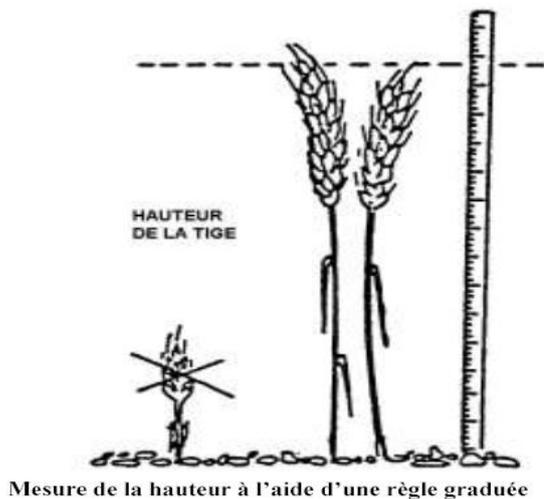
/!\ Les notes données par Arvalis sont des notes de résistance. C'est-à-dire que 1=peu résistant/sensible et 9=très résistant.

**Hauteur**

Période observation : à partir du stade floraison, lorsque la plante a atteint sa taille définitive.

Protocole : la hauteur est mesurée entre la base de la tige au ras du sol et le sommet de l'épi (sans les barbes), à l'aide d'une règle graduée. Elle est exprimée en centimètres.

Eviter les zones proches des bordures ou les passages de roues



### Epis/m<sup>2</sup>

Période observation : **Avant épiaison** : avril à mi-mai

Objectifs : le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est une des 3 composantes du rendement. Le déterminer permettra d'estimer un rendement potentiel en connaissance des 2 autres composantes.

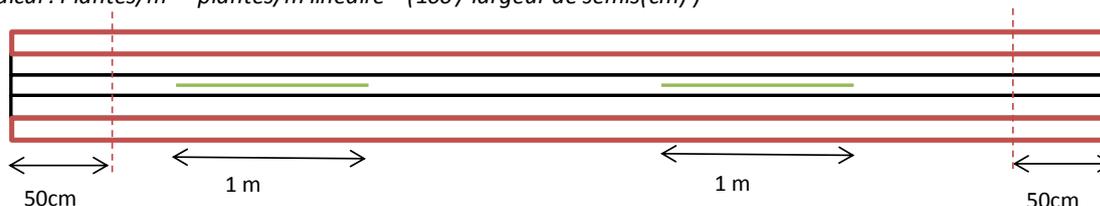
Rappel :  $Rdt = \text{épis/m}^2 * \text{Grains/épi} * \text{PMG}$

Protocole :

a) Nombre de plantes/m linéaire.

Comptage du nombre de plante sur **2 placettes** choisies aléatoirement de 1 mètre linéaire. Il faut éviter les bordures : pour les micro-parcelles éviter les 2 premières et deux dernières lignes de semis et les 50 premiers cm. Pour les parcelles de production éviter les bordures (2m).

Calcul :  $\text{Plantes/m}^2 = \text{plantes/m linéaire} * (100 / \text{largeur de semis(cm)})$



b) Nombre de talle/plante

Sur **5 plantes** de la parcelle compter le nombre de talle/plante. Pour les micro-parcelles, éviter les 2 premières lignes de chaque côté. Pour les parcelles de production, éviter les bordures (2m).

c) Calculer le nb d'épis/m<sup>2</sup>

Calcul :  $\text{Epis/m}^2 = \text{Plantes/m}^2 * \text{nb de talle/plante}$

### **OU**

Période observation : **Après épiaison** : de mi-mai à fin juin

Protocole : Comptage du nombre d'épis sur **2 placettes** choisies aléatoirement de 1 mètre linéaire. Il faut éviter les bordures : pour les micro-parcelles éviter les 2 premières et deux dernières lignes de semis et les 50 premiers cm. Pour les parcelles de production éviter les bordures (2m).

### PMG

Période de notation : post récolte

Objectifs : le PMG est une des 3 composantes du rendement. Le déterminer permettra d'estimer un rendement potentiel en connaissance des 2 autres composantes.

Rappel :  $Rdt = \text{épis/m}^2 * \text{Grains/épi} * \text{PMG}$

Protocole : le PMG est calculé grâce à un compteur à grain optique suivant la norme NF EN ISO 520, méthode de référence pratique pour la détermination de la masse de 1000 grains des céréales (ISO, 2014).

### Grains/épi

Période observation : avant la récolte : fin juin

Objectifs : le nombre de grains/épi détermine la **fertilité épi**. C'est une des 3 composantes du rendement. Le déterminer permettra d'estimer un rendement potentiel en connaissance des 2 autres composantes. Rappel :  $Rdt = \text{épis}/m^2 * \text{Grains}/\text{épi} * \text{PMG}$

Protocole : Récolter **3 épis/parcelle** en évitant les bordures  
Battre manuellement les épis un par un pour récupérer les grains puis les compter.  
Faire une moyenne du nombre de grains/épi.

### Rendement

Période observation : post-récolte

Protocole : le rendement est calculé à partir d'un poids brut (en kg) et d'une humidité mesurée (en %). Ce poids brut est ensuite ramené à la surface de la micro-parcelle. Enfin ce rendement est converti en rendement à 15% d'humidité selon la formule :

$$rdt\ 15\% = rdt * [(100 - \text{humidité mesurée}) / (100 - 15)]$$

La notion de rendement signifie donc toujours un rendement rapporté à 15% d'humidité.

### Phytotoxicité/sélectivité

Période observation : tout au long du développement de la culture

Protocole : ce sont des notes d'appréciation visuelle allant de 0 à 9. Une note égale à 0 signifie qu'il n'y a aucun signe de phytotoxicité. Si la note est supérieure à 4, les signes sont trop importants pour pouvoir utiliser la matière active sur l'espèce. Les signes de phytotoxicité sont en général des disparitions de plantes et/ou des jaunissements, nécroses des feuilles. Ces notations sont faites par des organismes officiels.

### Taux de levée

Période observation : post-semis (octobre)

Protocole : le taux de levée correspond au nombre de plantes réellement présentes après le semis par rapport au nombre de plantes potentiellement levées d'après la densité de semis et la faculté germinative. Il faut donc compter le nombre de plantes levées sur la micro-parcelle après le semis (noter impérativement la date de réalisation de la mesure).

$$\text{Calcul : Taux de levée} = \frac{\text{Nombre de plantes levées comptées}}{(\text{densité de semis} * \text{taux germination})}$$

### Dégats foliaires (DF)

Période observation : à partir du stade tallage

Protocole : les dégats foliaires correspondent aux nécroses sur les feuilles.

Méthode 1 : évaluation du % de nécrose

Méthode 2 : notation visuelle sur une échelle de 1 à 9 en fonction des témoins froid.

1=TS=très sensible ; 3=S=sensible ; 5=M=moyen ; 9=R=resistant.

Possibilité de nuancer : += plus résistant et -= moins résistant que le témoin froid le plus proche.

### **Vigueur**

Période observation : mars

Protocole : notation visuelle sur une échelle de 1 à 9 en fonction des témoins froid.

1= absence de vigueur, aucune reprise en végétation ; 9= très vigoureux, bonne reprise en végétation

### **Taux de survie**

Période observation : fin mars - fin avril

Protocole : le taux de survie correspond au nombre de plantes réellement vivantes après l'hiver par rapport au nombre de plantes levées après le semis. Il faut donc compter le nombre de plantes vivantes sur la micro-parcelle après l'hiver (noter impérativement la date de réalisation de la mesure).

*Calcul : Taux de survie = Nombre de plantes vivantes comptées / Nombre de plantes comptées levées*

Annexe 10 : grille de notation/diagramme panification tritordeum  
Source : CGAC

N° LABO : 177172		DATE : 12/06/17		AGRI OBTENTIONS - DIAGRAMME TRITORDEUM								
Référence : 5225		1	4	7	10	7	4	1	Coef.	NOTE		
		Hydratation : 60 %							/20	8		
Pétrissage	Collant					1			0,5	5		
	Consistance			1					0,5	5		
	Extensibilité				1				0,5	5		
	Elasticité			1					0,5	5		
	Relâchement					1			0,5	3,5		
	Lissage			1					0,5	5		
Détente	Relâchement					1			0,5	3,5		
Façonnage	Allongement					1			0,5	5		
	Déchirement				1				0,5	5		
	Elasticité			1					0,5	5		
	Collant de la pâte				1				1	7		
Aprêt	Activité Fermentaire			1					0,5	5		
	Déchirement				1				0,5	5		
Mise au four	Collant					1			0,5	5		
	Tenue à la mise au four			1					1	10		
Caractéristiques du pain	Section			1					1	10		
	Couleur				1				1	10		
	Epaisseur					1			0,5	5		
	Croustillant			1					0,5	5		
	<b>Volume</b>	1125							/30	<b>20</b>		
Coup de lame	Développement			1					1	10		
	Régularité				1				1	7		
	Déchirement				1				0,5	3,5		
Caractéristiques de la mie	Couleur						1		2	20		
	Souplesse			1					1	10		
	Elasticité					1			1	10		
	Collant					1			1	10		
	Régularité		1						1	10		
	Epaisseur					1			1	10		
	Odeur Saveur Froment					1			2	20		
	Odeur Saveur Atypique				1				2	20		
<b>Note totale :</b>									<b>267,5/300</b>			

**Annexe 11 : recette panification "Tradition française"**

Source : CGAC

Recette	
Levure (% du poids de farine)	0,80%
Hydratation	Selon consistance
Sel (% du poids de farine)	1,9% à mettre au départ
Autre ajout	Interdit

Méthode	
Pétrissage	5 min de frasage réel + 12 minutes en 1ère vitesse
	Température de la pâte en fin de pétrissage : 24°C +/-1
	1 rabat en croix 5 minutes après la fin du pétrissage (ramener les coins puis mettre en cul de poule)
Pointage	2 h avec 1 rabat à 1h à 26 +/- 1°C
Division	Manuelle 350 grammes avec mise en forme moyennement serrée
Détente	10 min après la mise en forme
Façonnage	Manuel (fleurer légèrement les couches et serrer les pâtons au niveau des couches)
Apprêt	45 min
	Température : 26 +/- 1°C
Coups de lame	1
Cuisson sur sole	25 minutes à 250°C

**Annexe 12 : recette panification "Agrasys"**

Source : Agrasys

## Protocole Panification tritordeum

## Recette Agrasys

Ingrédient	/farine	%
Farine de tritordeum T65/T80	100	58,82
Eau	65	38,24
Sel	2	1,18
Levure*	2	1,18
Améliorant tritordeum**	1	0,59
TOTAL	100	100

\*Si levure sèche : 0,8%

\*\* améliorant tritordeum Zeelandia : Gamma tritordeum

Pétrissage

Pétrin de 25L.

Ajouter tous les ingrédients secs + 60% de l'eau

Pétrir 5min en première vitesse

Ajouter 5% de l'eau restante

Pétrir 5min en première vitesse

Pétrir 2min en deuxième vitesse

Température finale de la pâte souhaitée entre 24-26°C.

Première fermentation en bloc pendant 60min à 20-22°C.

Mise en forme et façonnage

Pièces de 400g.

Boulage manuel. Eviter le dégazage.

Repos 20min en boule.

Façonnage manuel en forme de bâtard.

Déposer sur toile.

Fermentation

Fermentation à 27-28°C et 75% d'humidité pendant 45-60 min.

La pâte doit avoir doublé de volume.

Cuisson

Scarification puis cuire dans four à sole à 235°C.

3sec de vapeur au début. Ouras fermé.

Cuisson de 30min, ouvrir l'ouras à 30min.

Ressuage sur toile ou plaque perforée.

Annexe 13 : Résultats Modèle n°2 - essais LAS

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Variété	9	36618	4068.7	168.3243	< 2.2e-16
Lieu	3	5251	1750.4	72.4161	3.238e-16
Interaction	27	1808	67.0	2.7699	0.001709
Résidus	40	967	24.2		

CV	7.391559	
	Moyenne rendement	Tukey HSD 5%
IJ	72.5	a
SP	71.8	a
CF	69.1	a
LE	52.7	b

Annexe 14 : Résultats modèle n°1 - essai multilocal-IJ

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Variété	19	22666.4	1192.97	21.6205	<2e-16
Traitement fongicide	1	23.0	23.05	0.5336	0.468
Résidus	59	2548.3	43.19		

CV	15.91689
----	----------

Annexe 15 : Résultats modèle n°1 - essai multilocal-OR

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Variété	19	33928	1785.70	82.56	<2e-16
Traitement fongicide	1	46	46.1	2.13	0.15
Résidus	59	1276	21.6		

CV	8.883939
----	----------

Annexe 16 : Résultats modèle n° 2 - essais multiloaux

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Variété	19	28336.9	91491.41	41.3106	< 2.2e-16
Lieu	1	363.2	363.23	10.0611	0.002907
Interaction	19	1303.7	68.61	1.9006	0.043434
Résidus	40	1444.1	36.10		

<b>CV</b>	<b>12.1482</b>
-----------	----------------

	Moyenne rendement	Tukey HSD 5%
<b>OR</b>	51.59	a
<b>IJ</b>	47.33	b

Annexe 17 : Résultats modèle n° 4 - essai fertilisation

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Modalité N	2	0.898	0.4492	0.0777	0.92596
Variété	1	21.280	21.2800	3.6789	0.09139
Résidus	8	46.275	5.7843		

<b>CV</b>	<b>4.779697</b>
-----------	-----------------

Annexe 18 : Résultat modèle n° 12 - essai fertilisation

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
Modalité N	2	4.2785	2.13926	11.312	0.004658
Variété	1	2.8324	2.83241	14.977	0.004742
Résidus	8	1.5130	0.18912		

<b>CV</b>	<b>2.450145</b>
-----------	-----------------

uN	Moyenne Protéines	Tukey HSD 5%
<b>130</b>	16.95	b
<b>150</b>	17.91	a
<b>180</b>	18.39	a

Annexe 19 : Résultats modèle n° 5 - essai densité de semis

Variable explicative	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	p-value
<b>Modalité densité semis</b>	2	2.504	1.252	0.2634	0.774851
<b>Variété</b>	1	59.541	59.541	12.5258	0.007629
<b>Résidus</b>	8	38.028	4.753		

<b>CV</b>	<b>3.86015</b>
-----------	----------------

Annexe 20 : synthèse résultats essai régulateur, toutes doses confondues (modèles n°8 et n°11)

Produit	Dose (L)	Hauteur		Rendement	
		Moy	Tukey HSD 5%	Moy	Tukey HSD 5%
TNT		96,0	a	41,0	a
CYCOCEL	1,5	91,7	abc	40,3	a
CYCOCEL	3,0	88,3	abc	43,1	a
CYCOCEL	6,0	86,2	cd	40,8	a
MODDUS	0,3	94,8	ab	41,6	a
MODDUS	0,5	92,3	abc	42,6	a
MODDUS	1,0	86,7	bcd	41,8	a
TERPAL	1,3	91,5	abc	42,6	a
TERPAL	2,5	83,8	cd	40,8	a
TERPAL	5,0	79,5	d	40,0	a
p-value		***		.	
CV		5,05		8,08	

**Annexe 21 : synthèse des résultats rendement - essais multilocaux (modèle n°1)**

Espèce	Variété	Rdt T									Rdt NT									Ecart T-NT	
		OR			IJ			Moyenne			OR			IJ			Moyenne				Moy
		Moy	Tukey HSD 5%	% témoins	Moy	Tukey HSD 5%	% témoins	Moy	Tukey HSD 5%	% témoins	Moy	Tukey HSD 5%	% témoins	Moy	Tukey HSD 5%	% témoins	Moy	Tukey HSD 5%	% témoins		
T	BT FR SYMOISSON	102,2	a	103,6	86,6	a	100,1	94,4	a	102,0	102,1	a	98,9	78,2	a	99,4	90,2	a	99,1	4,2	
T	BT FR SOLEHIO	95,0	a	96,4	86,4	a	99,9	90,7	a	98,0	104,4	a	101,1	79,1	a	100,6	91,8	a	100,9	-1,0	
	BD ES AMILCAR	68,7	b	69,6	66,4	ab	76,8	67,6	b	73,0	61,5	bcd	59,6	65,5	ab	83,2	63,5	b	69,8	4,1	
	BT ES A-NICK	70,4	b	71,4	63,2	ab	73,0	66,8	b	72,1	71,3	b	69,1	54,4	abc	69,1	62,9	b	69,1	3,9	
	BD ES AVISPA	62,8	bcd	63,7	66,3	ab	76,7	64,5	b	69,7	60,4	bcd	58,5	64,5	ab	82,0	62,5	bc	68,7	2,1	
	BT ES GAZUL	58,3	bcd	59,2	50,5	bc	58,3	54,4	bc	58,8	68,8	bc	66,7	52,6	abc	66,9	60,7	bc	66,8	-6,3	
	TR AUCAN	50,5	cde	51,2	45,4	bc	52,5	48,0	cd	51,8	50,7	bcdef	49,1	44,9	bc	57,1	47,8	bcde	52,5	0,2	
	TR HT460	51,5	cde	52,2	44,0	bc	50,8	47,7	cd	51,6	53,8	bcde	52,1	41,1	bcd	52,2	47,4	bcde	52,2	0,3	
	TR L70	51,3	cde	52,0	40,8	bc	47,1	46,0	cd	49,7	51,8	bcdef	50,1	39,9	bcd	50,7	45,8	bcdef	50,4	0,2	
	TR HT435	46,4	cdef	47,1	44,6	bc	51,6	45,5	cd	49,2	46,8	defg	45,3	44,7	bc	56,8	45,8	bcdef	50,3	-0,2	
	TR L35	46,9	cdef	47,5	43,9	bc	50,8	45,4	cd	49,0	52,8	bcdef	51,2	46,7	bc	59,3	49,7	bcd	54,7	-4,4	
	TR HT429	49,4	cdef	50,1	39,5	bcd	45,7	44,4	cd	48,0	53,8	bcde	52,1	40,5	bcd	51,5	47,1	bcde	51,8	-2,7	
	TR BULEL	35,5	efghi	36,0	50,2	bc	58,1	42,9	cde	46,3	40,6	defgh	39,3	44,6	bc	56,7	42,6	cdef	46,8	0,3	
	TR HTC1210	44,8	defg	45,4	36,9	bcd	42,7	40,9	cde	44,1	49,0	cdefg	47,4	41,1	bcd	52,2	45,0	bcdef	49,5	-4,2	
	TR L62	48,7	cdef	49,4	32,6	cd	37,7	40,7	cde	43,9	48,7	cdefg	47,2	39,7	bcd	50,4	44,2	bcdef	48,6	-3,5	
	TR L72	33,6	fghi	34,0	38,6	bcd	44,7	36,1	de	39,0	37,3	efgh	36,2	36,6	bcd	46,5	36,9	def	40,6	-0,8	
	TR HT444	29,4	ghi	29,9	41,4	bc	47,8	35,4	de	38,3	28,8	gh	27,9	39,0	bcd	49,5	33,9	ef	37,2	1,5	
	TR HT437	39,2	efgh	39,8	29,8	cd	34,5	34,5	de	37,3	31,7	fgh	30,7	29,7	cd	37,8	30,7	ef	33,8	3,8	
	TR L34	26,3	hi	26,7	29,1	cd	33,7	27,7	ef	30,0	24,7	h	23,9	27,9	cd	35,5	26,3	ef	28,9	1,4	
	TR L67	20,9	i	21,2	10,4	d	12,0	15,6	f	16,9	23,2	h	22,5	14,5	d	18,4	18,8	f	20,7	-3,2	
	BD FR Anvergur	74,0		75,0							78,8		76,3							-4,8	
	BD FR Babylone	82,2		83,4							49,2		47,6							33,0	
	BD FR Miradoux	76,9		78,0							74,5		72,2							2,4	
	BD FR Nobilis	80,8		81,9							95,1		92,1							-14,3	
	BD FR Relief	78,8		79,9							79,4		76,9							-0,6	
	Moyenne témoins	98,6		100,0	86,5		100,0	92,6		100,0	103,3		100,0	78,7		100,0	91,0		100,0	1,6	
	Moyenne BD France	78,5		79,6							75,4		73,0							3,2	
	Moyenne Tritordeum	41,0		41,6	37,7		43,5	39,3		42,5	42,4		41,1	37,9		48,2	40,2		44,1	-0,8	
	CV	7,92			15,74			12,15			9,88			16,10			12,96				
	R <sup>2</sup> ajusté	0,961			0,850			0,909			0,942			0,800			0,892				
	p-value	***			***			***			***			***			***				

**Annexe 22 : Résultats modèles n°13 – 14 - 15**

	p-value	CV
<b>Modèle n° 13</b>	0.3288	7.765236
<b>Modèle n°14</b>	0.5848	8.108098
<b>Modèle n°15</b>	0.05508	7.014975

Taux protéines (%)	Moyenne note panification	Tukey HSD 5%
<19	260.5	a
<16	260	a
<17	260	a
<14	259.1	a
<20	258.5	a
<15	257.2	a
<18	253.1	a
<12	230.1	a

Annexe 23 : barème de notation hydratation blé tendre (gauche) et adapté tritordeum (droite)

<b>BAREME H2O% Coef</b>	
<b>H2O %</b>	<b>NOTE</b>
65,00	3,0
65,50	3,5
66,00	4,0
66,50	4,5
67,00	5,0
67,50	5,5
68,00	6,0
68,50	6,5
69,00	7,0
69,50	7,5
70,00	8,0
70,50	8,5
71,00	9,0
71,50	9,5
72,00	10,0

<b>BAREME H2O% Coef <u>Adapté</u></b>	
<b>H2O %</b>	<b>NOTE</b>
59,00	3,0
59,50	3,5
60,00	4,0
60,50	4,5
61,00	5,0
61,50	5,5
62,00	6,0
62,50	6,5
63,00	7,0
63,50	7,5
64,00	8,0
64,50	8,5
65,00	9,0
65,50	9,5
66,00	10,0

## Annexe 24: synthèse résultats technologiques tritordeum

Variété	Année	Organisme	Producteur/N°lot	Mode de production	CODE	Temps de chute Hagberg	Mycotoxine DEOXYNIVALENOL	COULEUR FARINE			Gluten Humide (GH)	Gluten Index (GI)	Panification	Protéines (%)	Mouture		
								L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)					% Farine	% son	% remoulage
-	2016	CHOLAT	-	Bio	5303	285	<250	93.1	-2.1	15.2	24.8	43	255.5	11.17	-	-	-
-	2016	Référence ES	-	-	Standard ES	423	-	91.7	-1.9	16.8	29.7	57	255.0	13.65	59.5	30.4	10.1
Aucan	2016	CHOLAT	GAEC BELVAL	Conv	5302	275	<250	92.6	-1.7	14.8	32.3	27	253.5	15.28	-	-	-
Aucan	2016	DAUPHINOISE	DEPRES MOREZ - LOT A	Conv	5231	357	429	92.8	-2.1	16.6	31.6	16	279.0	14.2	55.3	31	13.7
Aucan	2016	DAUPHINOISE	EARL DU CREUX - LOT A	Conv	5228	357	2535	92.1	-2.0	16.6	31.0	12	266.5	15.1	60.7	30.1	9.2
Aucan	2016	DAUPHINOISE	EARL DU CREUX - LOT D	Conv	5229	346	2656	92.2	-2.2	16.8	29.7	9	266.5	14.0	58.1	31	10.9
Aucan	2016	AO	F0254X327132	Conv	5225	298	566	92.3	-2.1	16.2	24.7	8	267.5	12.5	61	30	9
Aucan	2016	AO	F0254X327204	Conv	5226	350	367	91.7	-1.8	16.0	31.1	6	244.0	14.9	58.7	29.1	12.2
Bulel	2016	CHOLAT	GAEC BELVAL	Conv	5301	300	<250	92.5	-1.9	15.8	29.3	45	259.5	13.58	-	-	-
Bulel	2016	DAUPHINOISE	DEPRES MOREZ - B95	Conv	5232	320	367	92.8	-2.3	17.2	27.3	69	255.5	13.3	53.8	33.2	13
Bulel	2016	DAUPHINOISE	EARL DU CREUX - B83	Conv	5230	318	3361	92.4	-2.3	17.1	26.5	61	233.0	12.8	60.4	34	5.6
Bulel	2016	AO	F0254X327403	Conv	5227	334	398	91.6	-1.9	16.3	32.0	65	248.5	15.0	63.7	30	6.3
Mélange	2016	CHOLAT	GAEC BELVAL	Conv	5300	316	451	96.0	-2.1	16.0	27.7	15	244.5	12.76	-	-	-
Bulel	2017	AGRIBIOUNION	PIERRE FABRE AGRONOMIE	Bio	5265	325	1538	92.9	-2.2	16.1	22.4	41	183.0	11.29	-	-	-
Bulel	2017	AGRIBIOUNION	PIERRE FABRE AGRONOMIE	Bio	5266	323	824	92.8	-2.3	16.9	23.3	40	218.0	11.72	-	-	-
Bulel	2017	AGRODOC	DE LA MARLIERE	Bio	5267	281	<250	92.7	-2.2	15.8	19.7	88	264.0	11.57	-	-	-
Bulel	2017	CHOLAT	EARL DE L'ABBAYE	Bio	5264	275	3391	91.7	-2.2	17.2	23.1	65	228.0	12.37	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	GAEC VANDEPUTTE	Conv	5268	155	<250	91.7	-2.1	17.6	35.8	55	245.0	17.66	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	FOUCHE TONY	Conv	5269	137	<250	92.0	-2.1	16.5	37.9	59	260.5	18.61	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	GRASSIN DIDIER	Conv	5270	182	<250	91.3	-2.2	17.8	39.0	62	258.5	19.28	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	EARL DE L'HORIZON	Conv	5271	187	<250	91.8	-2.3	17.6	37.3	70	255.0	17.5	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	COUTANT SÉBASTIEN	Conv	5272	194	<250	91.9	-2.1	17.3	37.3	68	248.5	17.98	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	BIGET DAVID	Conv	5273	210	<250	91.9	-2.1	16.5	36.6	55	264.0	17.52	-	-	-
Bulel	2017	COOP DE MANSLE	EARL DE L'ALLÉE DU CHÂTEAU	Conv	5274	171	<250	91.2	-2.2	15.9	34.2	48	260.0	16.29	-	-	-
Moyenne						280.0	1406.9	92.3	-2.1	16.5	30.2	45.2	250.5	14.6	59.0	31.0	10.0
Moyenne Aucan Conv						330.5	1310.6	92.3	-2.0	16.2	30.1	13.0	262.8	14.3	57.6	32.1	10.4
Moyenne Bulel Conv						228.0	1375.3	91.9	-2.1	16.9	33.9	59.7	253.5	16.3	60.4	30.0	9.6
Moyenne Bulel Bio						301.0	1917.7	92.5	-2.2	16.5	22.1	58.5	223.3	11.7	59.5	30.4	10.1

Protéines : en rouge = méthode officielle ; en noir = IR calibre BT

Annexe 25: modèle de contrat de production tritordeum - Organisme Stockeur

Agri-Obtentions – Chemin de la Petite Minière – 78280 Guyancourt, France  
Tel +33 1 30 48 23 00

Conditions et utilisations concernant la réception de semences de Tritordeum

**Tritordeum et Conditions d'Utilisations  
Contrat de Production Organisme collecteur**

Madame, Monsieur :

Fonction :

Entreprise :

Adresse :

Reconnait accepter les conditions d'utilisations des semences de Tritordeum de la société Agri-Obtentions, comme le spécifie le paragraphe "**Matériel**", pour usage comme le spécifie le paragraphe "**Production**" et confirme son accord de respecter les conditions mentionnées dans le paragraphe "**Conditions**" ci-dessous.

**1. Matériel**

1a. Semences de Tritordeum.

Variété : BULEL

Traitement : Non Traité

**2. Production**

2a. La production sera réalisée selon les termes du contrat d'achat Agri-Obtentions par l'intermédiaire du contrat de courtier THD courtier assermenté près la cours d'appel d'Angers.

2b. L'usage du **Matériel** est strictement réservé à la production dans le cadre du contrat

**3. Conditions**

3a. Le **Matériel** envoyé et les **Productions** produites à partir du **Matériel** ne peuvent faire l'objet d'aucun autre usage sans accord écrit d'Agri-Obtentions que celui mentionné dans le paragraphe "Production".

3b. Tout agriculteur ayant une production dans le cadre de ce contrat devra avoir préalablement signé son acceptation des conditions du contrat.

3c. Tout **Matériel** non utilisé devra être détruit ou renvoyé à Agri-Obtentions.

**Date :**

**Signature et Cachet de l'entreprise:**

Annexe 26 : modèle de contrat de production tritordeum - Agriculteur

Agri-Obtentions – Chemin de la Petite Minière – 78280 Guyancourt, France  
Tel +33 1 30 48 23 00

Conditions et utilisations concernant la réception de semences de Tritordeum

<p><b>Tritordeum et Conditions d'Utilisations</b> <b>Contrat de Production Agriculteur</b></p>
--

Madame, Monsieur :

Adresse :

Reconnait accepter les conditions d'utilisations des semences de Tritordeum de la société Agri-Obtentions, comme le spécifie le paragraphe "**Matériel**", pour usage comme le spécifie le paragraphe "**Production**" et confirme son accord de respecter les conditions mentionnées dans le paragraphe "**Conditions**" ci-dessous.

### 1. Matériel

1a. Semences de Tritordeum.

Variété : BULEL

Traitement : Non Traité

### 2. Production

2a. La production sera réalisée exclusivement pour le contrat d'achat d'Agri-Obtentions à la Coopérative :

2b. L'usage du **Matériel** est strictement réservé à la production dans le cadre du contrat mentionné.

### 3. Conditions

3a. Le **Matériel** envoyé et les **Productions** produites à partir du **Matériel** ne peuvent faire l'objet d'aucun autre usage sans accord écrit d'Agri-Obtentions que celui mentionné dans le paragraphe "Production".

3b. La production devra s'effectuer en respectant les conduites culturales et les clauses de la charte de production notamment l'enregistrement de toutes les données parcellaires de suivi culture.

3c. Tout **Matériel** non utilisé devra être détruit ou renvoyé à Agri-Obtentions.

**Date :**

**Signature et Cachet de l'entreprise:**

Annexe 27 : fiche parcellaire



FICHE PARCELLAIRE pour TRITORDEUM récolte : 2017

Nom du producteur : ..... N°/nom de l'îlot\* : .....

Remplir une fiche par parcelle ; si plusieurs variétés sur la parcelle, remplir une fiche par variété ; si plusieurs précédents sur la parcelle, remplir une fiche par précédent. Il est possible de regrouper plusieurs parcelles ou variétés sur une même fiche, si l'historique et l'itinéraire sont identiques. Si des données existent dans d'autres versions (informatiques...), mentionner se reporter à celles-ci.

**Caractérisation parcelle**

Surface totale de la parcelle\* (ha) : ..... Surface de la variété dans la parcelle\* (ha):.....  
 Situation particulière (réglementation) :  zone vulnérable  périmètre de protection de captage  autres (à préciser) :.....  
 Type de sol : ..... Analyse sol : oui - non  
 Culture : .....  
 Nom variété°: ..... Débouché visé: biscuit, de force, meunier, autres

Historique des cultures (sur au moins 2 ans) :  
 ou renvoi à fiches parcellaires antérieures .....

Si culture intermédiaire avant la culture: espèce: .....	
Nom du précédent (N-1) :..... Résidus : <input type="checkbox"/> restitués sans broyage <input type="checkbox"/> restitués avec broyage <input type="checkbox"/> exportés	Si prairie en N-1 ou N-2 : Âge au moment du retournement : .....
Nom de l'antéprécédent (N-2) : .....	Mode de gestion : - fauchée <input type="checkbox"/> - pâturée <input type="checkbox"/> - mixte <input type="checkbox"/>
Année du dernier pois/féverole/lentille: .....	

Historique des apports organiques (fumiers, lisiers, boues, marcs,...) appliqués sur les cultures précédentes (sur 5 ans / 10 ans si boues) ou renvoi à fiches parcellaires antérieures

**A biffer si non concerné**

Date (année)	Nature	Quantité / ha (t/ha ou m³/ha)	Fréquence moyenne d'apport

Année du dernier apport de boues : .....

**Implantation**

Travail du sol (nature des opérations) :.....  
 Labour : oui non Roulage : oui non  
 Date de semis : .....Densité de semis réelle (grains /m² ou grains/ha) ou dose (kg/ha) : .....

Semences (céréales à paille) :

Lots	Semences Certifiées	PMG	Numéro de lot (nombre étiquettes)	Traitement de semences (produit commercial)	Parasites visés sauf traitement de base anti-fonte de semis
1	oui				
2	oui				
3	oui				
4	oui				

**Fertilisation N,P,K, organique, oligo-éléments sur la culture (dont apports pendant l'interculture précédente)**

Objectif de rendement (t/ha) :.....  
 Source :  historique (5 dernières campagnes:...../...../...../...../.....)  potentialités régionales ou renvoi à autre document

Forme et formule engrais Type produits organiques	Date	Stade (facultatif pour céréales à paille)	Quantité ou Dose / ha (préciser l'unité)	Type de diagnostics ou Indicateur de prise de décision (*)	Remarques (résultats, conditions d'application, valeurs analyses, ...) (facultatif)

\* reliquats azotés, analyses de sol, outils de pilotage, type de diagnostics utilisés pour les oligo-éléments (analyse, symptômes, grille de risque, type de sol, ...)

TOTAUX APPORTS en éléments minéraux	N	P2O5	K2O	SO3	MgO	CaO
Dose totale apportée sous forme minérale (kg/ha)						
Dose totale (kg/ha) apportée sous forme organique utilisable par la culture						
TOTAL GENERAL						

\* de l'îlot ou des îlots / de la parcelle ou des parcelles / de la variété ou des variétés

Interventions en culture (hors fertilisation)							
Type d'intervention	Date	Surface traitée (ha) (facult.)	Stade	Produit(s) commercial(aux) (Noms complets) (ou Interventions mécaniques)	Dose / ha (préciser l'unité)	Adventices ou Maladies ou Ravageurs visés	Nature des Indicateurs de prise de décision (*) Remarques : (résultats, conditions d'application, valeurs analyses, ...)
Herbicide ou désherbage mécanique <i>(y compris pendant interculture avant la céréale)</i>							
Fongicide							
Insecticides							
Régulateur							
Irrigation							

(\*) tour de plaine, observations, piégeage, avertissements, risque régional, risque parcellaire, kits, tensiomètres, bilans hydriques, analyses de plantes, conseils irrigation ...

Si irrigation, relevé de la pluviométrie de l'exploitation ou locale: renvoi à un autre document

**Récolte et interculture suivant la céréale**

Date de récolte : ...../...../..... Stockage du lot sur l'exploitation :  oui  non

Rendement (t/ha) : .....  pesé  estimé % humidité (grains) : ..... %protéines: .....

Devenir des pailles :  restituées sans broyage  restituées avec broyage  exportées

Si culture intermédiaire suivant la céréale : date de semis : ... /... /..... Espèce : ..... Date de destruction : ...../...../.....

Si repousses en interculture: date de destruction : ... /... / .....

Culture suivante prévue : ..... ou période de semis prévue : .....

Annexe 28 : protocole récolte tritordeum

## Protocole récolte tritordeum

- La récolte doit s'effectuer lorsque l'humidité grain passe en dessous de 12% (optimum 9-11%).
- Afin d'éviter toute contamination, s'assurer du bon nettoyage de la machine avant d'entrer sur la parcelle.
- Des réglages spécifiques sont nécessaires pour faciliter le battage :  
Batteur : 1000-1100 tour/min  
Contre batteur : entrée 10mm, sortie 5 mm
- Les graines étant allongées, réduire l'ouverture des grilles du séparateurs pour éviter les pertes de graines à la sortie de la machine
- Au début du battage, vérifier qu'il n'y a pas de grains, ni d'épis non battus éjectés avec la paille et que la batteuse ne casse pas les grains. En fonction, faire varier et ajuster au mieux les réglages de la machine.  
Attention, le battage du tritordeum est souvent plus délicat que celui du blé, les réglages doivent donc être adaptés.
- Contrôler régulièrement l'efficacité du battage afin d'éviter la perte de grains ou d'épis non battu.
- Dans le cadre de la traçabilité filière tritordeum, merci de bien vouloir prélever à la récolte un échantillon de 10kg par parcelle qui sera récupéré par Agri Obtentions.

Annexe 29 : normes de base tritordeum, campagne 2016-2017



## TRITORDEUM FILIERE AO

### NORMES DE BASE QUALITE MEUNIERE APPLICABLES EN L'ABSENCE DE SPECIFICATIONS CONTRACTUELLES

1. Teneur en eau (humidité) : 15%
2. Grains brisés : 4%
3. Grains germés : 2%
4. Impuretés grains : 2%
5. Impuretés diverses : 2%
6. Masse à l'hectolitre ou « poids spécifique » (PS) : 72
7. Teneur en protéines : 12%
8. Indice de chute Hagberg : 220

## Annexe 30 : modèle de contrat d'achat grain de tritordeum AO-OS



**A l'attention de Mme Aurélie CLOUET/Vendeur**      **Confirmation Filière AO-Tritordeum® N° : 001AB**  
 Le 30 juin 2017- *Nous vous confirmons le contrat de production récolte 2017 que vous avez conclu le 20 octobre 2016 avec Agri-Obtentions qui prend valeur de confirmation écrite aux conditions ci-dessous :*

VENDEUR/Seller	ACHETEUR/Buyer
<b>GRAIN D'OC</b> RN 124 32490 MONFERRAN SAVES- France Tél. : + 33 (0)5 62 07 81 57 E-mail : aurelie.clouet@agrodoc.fr TVA : FR 53 453 988 370	<b>AGRI-OBTENTIONS et/ou ses commettants</b> Chemin de la petite minière – BP 36 78041 GUYANCOURT - France Tél. : +33 (0)1 30 48 23 29 E-mail : alice.piron@agri-obtentions.fr TVA : FR 55 328 591 847

**QUANTITÉ** (Quantity) : **4**(quatre) **tonnes** métriques environ ou **3 hectares**

**MARCHANDISE** (Commodity) : Graine de **Tritordeum** tracée issue de **semences fournies par l'acheteur**

**QUALITÉ** (Quality) : Saine, Loyale et Marchande, **certifiée culture biologique AB**, récolte 2017, nettoyée et ventilée - Teneur en eau : 15% Max - Impuretés totales : 2% Max - origine de production France à destination alimentation humaine conforme à la réglementation française et européenne en vigueur à l'exécution (si insectes, flair ou prédateurs vivants : REFUS de la marchandise)

**PRIX** (Price) : **425,00 €** (quatre cent vingt cinq euros) **la tonne métrique nette nue - Hors TVA – base juillet 2017 + majorations bi-mensuelles de 0,93 €/T/Mois** (0,47 €/T la première quinzaine) + **primes selon annexes AO-Tritordeum 1 et 2 - Départ silo agréé par filière AO-Tritordeum (47)**

**LOGEMENT** (Packing) : VRAC

**LIVRAISON** (Delivery) : Enlèvement bonne arrivée récolte 2017 jusqu'au 30 juin 2018 sans terme fixe

**PAIEMENT** (Payment) : À **30 jours nets** de la date de réception

**CONDITIONS GÉNÉRALES** (General conditions) : RUFRA et addendum technique N°1 pour la vente de toutes céréales dernière édition en vigueur - Agréage à réception usine -

**CONDITIONS PARTICULIÈRES** (Special conditions) : Conditions d'utilisations Contrat de Production Organisme collecteur et Conditions d'Utilisations Contrat de production Agriculteur dûment signés entre les parties avant la mise en terre et tous addenda spécifiques filière AO-Tritordeum®

**Remarques** (Remarks) : Les quantités ou hectares contractés dans le cadre de la démarche filière AO-Tritordeum® ne pourront être vendues qu'à l'acheteur et/ou ses commettants. Le contrat est un contrat de surface avec obligation des producteurs du vendeur de livrer la totalité de leur récolte à l'acheteur, et obligation de l'acheteur de retirer la totalité de la marchandise récoltée. Le vendeur doit communiquer toute information concernant l'état des cultures de ses producteurs en cours de végétation, transmettre les fiches de traçabilité de chaque parcelle et faire très attention aux conditions de récolte et de conservation du grain

**COMMISSION** (Brokerage) : à charge Acheteur

*Je vous prie de croire à l'assurance de mes sentiments dévoués.*

**Thierry HACHE**

La clause de réserve de propriété (loi n°85-98 du 25 janvier 1985 modifiée par la loi du 10 juin 1994) est applicable au présent contrat.  
**Clause compromissoire** : "Toute contestation survenant à l'occasion du présent contrat sera résolue par arbitrage sous l'égide de la CHAMBRE ARBITRALE INTERNATIONALE DE PARIS (6 avenue Pierre 1er de Serbie, 75116 PARIS, Tél : +33 (0)1 42 36 99 65, Fax : +33 (0)1 42 36 99 58), conformément à son Règlement que les parties déclarent connaître et accepter"

www.thierry-hache-diffusion.fr  
 Courtier Assermenté - contact@thierry-hache-diffusion.fr  
 11, rue de baillette - 28170 Tremblay-les-Villages - Tel : 06 07 98 06 89  
 399 528 215 RCS CHARTRES - APE 4611 Z

## Annexe 31 : synthèse des résultats parcelles de production - CONVENTIONNEL

CONVENTIONNEL								Rdt (t/ha)		hauteur		PS		Humidité		Protéines		PMG mesuré		épis/m <sup>2</sup> mesuré		Grains/épi mesuré		Verse
OS	Agriculteur	Date de semis	Densité semis	Précédent	Type sol	Fertilisation azotée (U)	Date récolte	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	
COOP DE MANSLE	BIGET David	28/12/16	340			120	14/07/17		2.3		-		70.8		12.7		17.52		36.2		114.3		47.0	NON
COOP DE MANSLE	COUTANT Sébastien	04/01/17	370			50	15/07/17	2.25			-		71.2		12.4		17.98		32.6		102.9		32.3	NON
COOP DE MANSLE	EARL de l'allée du château	20/12/16	350	blé		180	15/07/17		3.168		-		70.4		13.9		16.29		36.3		244.0		48.0	NON
COOP DE MANSLE	EARL De l'horizon	06/12/16		blé	groie superficielle	107	16/07/17	1.74			-		68.3		14.1		17.5		31.8		168.0		-	NON
COOP DE MANSLE	FOUCHE Tony	30/12/16	360	Orge	argilo limoneux	120	18/07/17		1.5		-		69.6		11.9		18.61		36.1		264.0		41.5	NON
COOP DE MANSLE	GAEC VANDEPUTTE 1	22/12/16	370	lentille	groie superficielle	150	15/07/17		2.1		-		69.8		12.4		17.66		34.3		176.0		35.0	NON
COOP DE MANSLE	GAEC VANDEPUTTE 2	22/12/16	370	maïs	groie superficielle	150	15/07/17		2.1		-		69.8		12.4		17.66		34.3		176.0		36.3	NON
COOP DE MANSLE	GRASSIN Didier	25/12/16		blé	groie	110	16/07/17		1.08		-		66.1		13.9		19.28		28.2		108.6		40.3	NON
<i>Moyenne Poitou-Charente</i>								1.995	2.041	-	-	69.75	69.42	13.25	12.87	17.74	17.84	32.2	34.2	135.4	180.5	32.3	41.4	
SOUCHARD	SOUCHARD 1	25/12/16	620			150	04/07/17		2.17		-		74.6		11.1		18.33		34.4		312.5		48.3	NON
SOUCHARD	SOUCHARD 2	25/12/16	620			150	04/07/17		2.17		-		74.6		11.1		18.33		34.4		216.7		-	NON
SOUCHARD	SOUCHARD 3						10/07/17		2.6		-		69.9		11.3		15.17		34.8		-		-	NON
DAUPHINOISE	J. WALTER	30/11/16	410	maïs	Graviers superficiels	150	14/07/17	2.5		70		-		-		-		-			386.3		47.8	NON
DAUPHINOISE	T. COLOMBIER	15/11/16	440	Maïs	Limon argileux profond	140	27/06/17	3.8		98		-		-		-		-			414.0		31.3	OUI
DAUPHINOISE	E. VEYRET	16/11/16	430	maïs	Limon sablo-limoneux fin	140	23/07/17	2.9		105		-		-		-		-			500.0		43.0	OUI
DAUPHINOISE	E. VEYRET	16/11/16	430	maïs	Limon sablo-limoneux fin	140	23/07/17	2.9		105		-		-		-		-			500.0		43.0	OUI
<i>Moyenne Sud-Est</i>								3.025	2.313	94.5	-	-	73.03	-	11.17	-	17.28	-	34.54	450.1	264.6	41.25	48.33	
<i>Moyenne CONVENTIONNEL</i>								2.638	2.132	91	-	69.75	70.62	13.25	12.3	17.74	17.65	32.2	34.32	314.2	201.5	38.58	42.36	

Lot 1 = F0254X327504C : bonne germination

Lot 2 = F0254X825903 : mauvaise germination

## Annexe 32 : synthèse des résultats parcelles de production - BIOLOGIQUE

BIOLOGIQUE								Rdt (t/ha)		Hauteur		PS		Humidité		Protéines		PMG mesuré		épis/m <sup>2</sup> mesuré		Grains/épi mesuré		Verse
os	Agriculteur	Date de semis	Densité semis	Précédent	Type sol	Fertilisation azotée (U)	Date récolte	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2	
CHOLAT	EARL MANAJOC	10/12/16	350			OUI	19/06/17		1.13		-									255		-	NON	
CHOLAT	EARL DE LABBAYE	10/12/16	350			OUI	-	0.33			-		67		12		12.37		30.14		142		35.3	NON
VALSOLEIL	EARL DES TOURNESOLS	16/12/16	400	maïs semences		OUI	19/07/17	2.87		87.5		74.5		11.4		12.23		41.29		485		45.3	NON	
VALSOLEIL	EARL DU GRAND MARAIS	16/12/16		soja		OUI	22/06/17	2.1		71		74.7		11.9		13.09		37.62		371		23.5	NON	
VALSOLEIL	EARL EPI VERT	14/11/16		maïs		OUI	03/07/17	3.42		88.33		73.8		12.4		10.49		39.79		432		49.3	NON	
VALSOLEIL	GAEC DE BEL AIR	18/11/16	485	radis semences		OUI	28/06/17	4.74		80		74.2		11.8		15.61		39.78		691		27.7	OUI	
VALSOLEIL	GAEC DES COURIOLS	15/11/16	470	maïs		OUI	23/06/17	3.18		78.5		78.4		12.2		12.51		41.56		423		33.0	NON	
DAUPHINOISE	P. ROBIN					OUI	-	-		-		-		-		-		-		400		48.3	NON	
DAUPHINOISE	J. MARAS					OUI	-	-		76		-		-		-		-		263		40.7	NON	
DAUPHINOISE	J. JURY					OUI	-	-		75		-		-		-		-		269		-	NON	
DAUPHINOISE	J. JURY					OUI	-	-		-		-		-		-		-		-		39	NON	
Moyenne Sud-Est								3.262	0.73	79.48	-	75.12	67	11.94	12	12.79	12.37	40.01	30.14	416.8	198.5	38.35	35.33	
AGRIBIOUNION	PIERRE FABRE AGRONOMIE 57	12/12/16	470	lin		OUI	-			55		70.8		13		11.29		34.77		178		-	NON	
AGRIBIOUNION	PIERRE FABRE AGRONOMIE 56	12/12/16	470	soja		OUI	-		1.19	60		72.5		13		11.72		34.97		267		-	NON	
AGRIBIOUNION	PIERRE FABRE AGRONOMIE 58	12/12/16	470	soja		OUI	-			60		72.5		13		11.72		34.97		226		-	NON	
AGRODOC	DE LA MARLIERE	10/12/16	460	lin	coteau argilo-calcaire	OUI	-			55		73.6		15.3		11.57		39.87		181		-	NON	
AGRODOC	DE LA MARLIERE	10/12/16	460		coteau argilo-calcaire	OUI	-		1	60		73.6		15.3		11.57		39.87		222		-	NON	
Moyenne Sud-Ouest									1.095		58		72.6		13.92		11.57		36.89		214.8		-	
Moyenne BIO								3.262	0.913	79.48	58	75.12	71.67	11.94	13.6	12.79	11.71	40.01	35.77	416.8	210.1	38.35	35.33	

Lot 1 = F0254X327504C : bonne germination

## Table des figures

<i>Figure 1 : répartition de la production de céréales en UE en 2016</i> .....	4
<i>Figure 2 : les principaux producteurs de céréales</i> .....	4
<i>Figure 3 : croisement à l'origine du tritordeum</i> .....	9
<i>Figure 4 : comparaison du taux de protéines indigestes du gluten (ppm) entre différents produits de tritordeum et de blé</i> .....	10
<i>Figure 5 : comparaison de la teneur en acide gras (%) dans la farine intégrale bio moulu sur pierre de blé tendre et de tritordeum</i> .....	12
<i>Figure 6 : grille de teneur en protéines et de force boulangère pour différentes utilisations de farine</i> .....	16
<i>Figure 7 : évolution pluriannuelle du cours du blé tendre</i> .....	16
<i>Figure 8 : courbe de Chopin</i> .....	23
<i>Figure 9 : composantes de rendement (PMG et grains/épi) du tritordeum en comparaison aux témoins blé tendre – essais LAS</i> .....	30
<i>Figure 10 : résultats des analyses sanitaires (myco toxines DON)</i> .....	32
<i>Figure 11 : sensibilité à la verse en fonction de la fertilisation azotée</i> .....	33
<i>Figure 12 : sensibilité à la verse en fonction de la densité de semis</i> .....	33
<i>Figure 13 : courbe de réponse du rendement en fonction de la fertilisation azotée</i> .....	33
<i>Figure 14 : évolution du rendement en fonction de la densité de semis</i> .....	33
<i>Figure 15 : moyenne rendement traité - Essais Multilocaux - 2 années (2016-2017)</i> .....	36
<i>Figure 16 : composantes de rendement (PMG et grains/épi) des différentes espèces – essais multilocaux</i> .....	36
<i>Figure 17 : courbe de réponse rendement/protéine – Essais Multilocaux (2 lieux)</i> .....	37
<i>Figure 18 : courbe de réponse de la teneur en protéine en fonction de la fertilisation azotée</i> .....	38
<i>Figure 19: note panification en fonction du gluten index (GI)</i> .....	39
<i>Figure 20 : note panification en fonction du taux de protéines (%)</i> .....	40
<i>Figure 21 : note panification en fonction du temps de chute de Hagberg</i> .....	40
<i>Figure 22 : structure de la filière tritordeum</i> .....	43
<i>Figure 23 : comparaison de la marge brute entre le tritordeum et le blé, en agriculture conventionnelle</i> .....	46
<i>Figure 24 : comparaison de la marge brute entre le tritordeum et d'autres espèces, en agriculture biologique</i> .....	47
<i>Figure 25 : positionnement géographique des variétés de blé tendre en fonction de la précocité</i> .....	50

## Table des tableaux

<i>Tableau 1: répartition des surfaces (1000 ha) par espèce et par pays en 2016</i> .....	5
<i>Tableau 2 : synthèse de l'organisation des quatre principales filières céréalières destinées à l'alimentation humaine (hors malterie et floconerie)</i> .....	6
<i>Tableau 3 : comparaison du taux de gluten (<math>\mu\text{g}</math>) entre la farine de blé tendre et de tritordeum</i> .....	10
<i>Tableau 4 : comparaison des principales pathologies liées au gluten</i> .....	11
<i>Tableau 5 : comparaison du taux de fibres diététiques entre le grain de blé tendre et de tritordeum (% ms)</i> .....	12
<i>Tableau 6 : comparaison de la teneur en lutéine du pain et de la farine de tritordeum et de blé tendre</i> .....	13
<i>Tableau 7 : état des lieux de la production de tritordeum récolte 2017</i> .....	13
<i>Tableau 8 : réseaux d'essais agronomiques tritordeum et variables mesurées</i> .....	20
<i>Tableau 9 : parcelles de production de tritordeum récolte 2017</i> .....	21
<i>Tableau 10 : variables étudiées dans les ANOVA</i> .....	24
<i>Tableau 11 : indicateurs économiques calculés</i> .....	26
<i>Tableau 12 : charges opérationnelles de différentes espèces en agriculture conventionnelle</i> .....	27
<i>Tableau 13: comparaison des charges opérationnelles entre différentes espèces biologiques</i> .....	27
<i>Tableau 14 : synthèse des résultats agronomiques - Essais LAS</i> .....	28
<i>Tableau 15 : synthèse des résultats - Essai froid</i> .....	29
<i>Tableau 16 : synthèse des résultats rendement - Essais LAS</i> .....	29
<i>Tableau 17 : synthèse des résultats composantes de rendement - Essais LAS</i> .....	30
<i>Tableau 18 : synthèse des résultats PS - Essais LAS</i> .....	31
<i>Tableau 19 : synthèses des résultats verse et hauteur - essais LAS</i> .....	32
<i>Tableau 20 : synthèse des résultats - Essai régulateur</i> .....	34
<i>Tableau 21 : synthèse des résultats agronomiques - Essais multiloceaux</i> .....	35
<i>Tableau 22 : synthèse des résultats protéines - essais LAS</i> .....	37
<i>Tableau 23 : comparaison des 3 méthodes d'analyse technologique sur tritordeum</i> .....	38
<i>Tableau 24 : structure de coût tritordeum</i> .....	44
<i>Tableau 25 : comparaison de la rémunération et produit brut dégagé pour les OS entre le tritordeum et le blé tendre</i> .....	48
<i>Tableau 26 : comparaison de la marge meunier entre le tritordeum, le blé tendre et le petit épeautre</i> .....	49
<i>Tableau 27 : rémunération de la filière tritordeum pour Agri-Obtentions</i> .....	49
<i>Tableau 28 : comparaison du prix entre la baguette de blé tendre et de tritordeum</i> .....	54